

# SEGUIMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN OBRA: TÉCNICAS DE MEDICIÓN DE RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA

---

**GUILLERMO MEJÍA AGUILAR**

Ingeniero Civil M Sc.  
Profesor auxiliar, Escuela de Ingeniería Civil  
Universidad Industrial de Santander  
gmejia@uis.edu.co

**TRINY CAROLINA HERNÁNDEZ C.**

Escuela de Ingeniería Civil  
Universidad Industrial de Santander  
trinycarolinahernandez@hotmail.com

*Fecha Recepción: 08/06/2007*

*Fecha Aceptación: 19/10/2007*

## RESUMEN

En todo sistema de gestión, la planeación sirve como marco de referencia a los programas de control. Adoptar buenas metodologías de seguimiento que acompañen a los procesos de planeación, con miras a lograr un buen desempeño en la gestión y alcanzar las metas deseadas, es una necesidad latente. Aunque en las nuevas metodologías de gestión se hace ya explícita esta necesidad, es muy frecuente encontrar dificultades en los procesos de seguimiento de obra, al no emplearse indicadores adecuados que identifiquen, sistemática y sistémicamente, situaciones importantes que requieran corrección y/o mitigación [1]. La mayoría de las metodologías modernas de mejoramiento basan su estrategia buscando maximizar valor y minimizar pérdidas, razón por la cual, la productividad es uno de los indicadores importantes que mide el desempeño de una buena gestión. Este enfoque, es un planteamiento estratégico orientado hacia los procesos, donde prevalece la verificación y el aseguramiento del procedimiento y el resultado, más allá del viejo esquema de solo verificar resultados [2]. El presente trabajo apunta hacia metodologías de seguimiento, que definan a la productividad, como un indicador significativo de gestión y control en las obras de construcción, en especial la productividad de las cuadrillas de trabajo.

**PALABRAS CLAVE:** Productividad, Productividad de la mano de obra, Estudio del trabajo en Obras, Metodologías de seguimiento en obra, Cálculo de rendimientos.

## ABSTRACT

Management systems often present flaw, since those systems don't adopt control indexes like productivity, which prevents form identifying and defining (from both the systematic and systemic point of view) the problems that require taking corrective and mitigating actions [1]. Methodologies such as "Lean Construction" are based on the management of processes, as a way to maximize revenues and minimize costs, here the improvement of productivity becomes an important parameter for the management system; focusing on the verification of both the process and the product, leaving behind the typical tendency of verifying only results, that is the tendency for control techniques [2]. This study pretends to identify the controlling techniques that should be used when referring to productivity as the quality management control index.

**KEYWORDS:** Productivity, Workmanship Productivity, Construction Workmanship Analysis, In-Situ Controlling Techniques, Assessment of Workmanship Productivity.

## 1. INTRODUCCIÓN

Un informe realizado por la Oficina Regional para América Latina y el Caribe, de la Organización Internacional del Trabajo —OIT, en abril del 2006, argumenta que Latino América no ha mejorado la productividad laboral significativamente, a pesar del desarrollo económico mostrado en la década del noventa [3].

Al compás de esta situación, en Colombia la productividad del trabajo también muestra un comportamiento de rezago al compararse con los países asiáticos y del pacífico, donde la diferencia varía en proporciones desde 1 a 3 hasta 1 a 11. Este comportamiento es reflejo de la lenta inversión económica y el pausado desarrollo tecnológico mostrado por los diferentes sectores productivos, como es el caso del sector construcción [4]. En los países asiáticos, a diferencia de Colombia, han entendido que la productividad va de la mano con el crecimiento económico, argumento suficiente para mantener una permanente preocupación por la calidad de su fuerza laboral. Decisiones tales como brindar oportunidades de acceso a la educación y capacitación, buscando mejorar las condiciones desempeño, son la columna vertebral de las políticas de mejoramiento productivo, como lo manifestó Sachiko Yamamoto, Director Regional para Asia y el Pacífico de la OIT [5]:

*“Prácticas avanzadas en el lugar de trabajo basadas en buenas condiciones laborales, innovación en la manera de organizar el trabajo, formación continua, buenas relaciones entre la gerencia y los trabajadores, y el respeto de los derechos de los trabajadores, son cada vez más importantes para el aumento de la productividad y, al mismo tiempo, la promoción de trabajo decente.”*

El sector de la construcción no es ajeno a esta condición problemática de productividad, y algunas de sus falencias, se evidencian en los incumplimientos de los plazos de tiempos y metas de costos establecidas. Hay que reconocer la difícil tarea de hacer gestión efectiva en un primer intento, sin contar con planes adecuados. El no tener un plan de trabajo, y más aún, de realizar procedimientos efectivos de planeación, genera deficiencias en la gestión de recursos y dificultad el óptimo control de las obras. Una buena gestión debe partir de la planeación de las cuadrillas de trabajo, estableciendo metas de productividad, para lograr un buen desempeño.

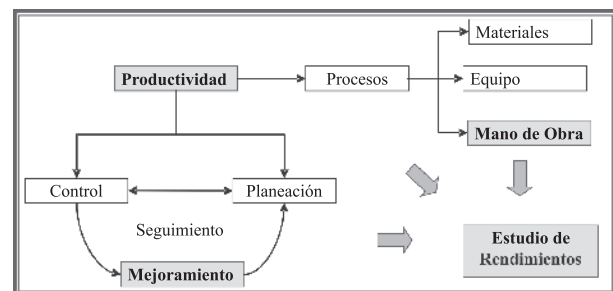
Desde la década de los ochenta se ha criticado a la industria de la construcción por sus deficientes sistemas de gestión y, de manera vehemente, se le ha exigido productividad [6]. Algunas de las deficiencias por las cuales se critica al sector construcción son las siguientes: a) los programas de planeación y control no reflejan la realidad productiva de las obras; b) no se establecen adecuados criterios de medición y seguimiento; c) no se mide el desempeño de los procesos con base en sus tareas; d) no se establecen indicadores claros para cada tarea. Todas estas deficiencias sino se resuelven, acarrearán pérdidas económicas en las obras.

Tareas, procesos, sistemas y obras, requieren de una mayor atención en los planes de mejoramiento, diseñando estrategias de mejoramiento productivo de la mano de obra, para lograr un buen desempeño en la gestión, aumento de productividad y disminución de pérdidas económicas.

## 2. FUNDAMENTOS CONCEPTUALES

A continuación, se presentarán los conceptos básicos para entender a la productividad como una estrategia de gestión, en respuesta a la perentoria necesidad de mejoramiento en las obras.

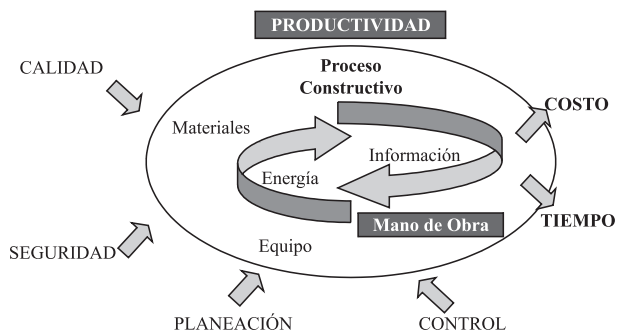
Primero, es necesario que las técnicas de mejoramiento productivo se conciben de manera integral, implementándose desde la temprana etapa de planeación hasta la etapa de control de un proyecto. Se requiere la definición clara de metodologías que permitan medir aquellos recursos con incidencia directa sobre el tiempo, como es el caso de la mano de obra, para lo cual se necesita inicialmente un estudio adecuado sobre sus rendimientos en obra (ver **Figura 1**).



**Figura 1.** Esquema conceptual del estudio de rendimientos como técnica de mejoramiento de la productividad

### 3. LA PRODUCTIVIDAD COMO INDICADOR DE GESTIÓN

La productividad concebida como estrategia de gestión en las obras, se convierte en un indicador importante del desarrollo constructivo, ya que relaciona intrínsecamente diversos factores claves que inciden directamente sobre el desempeño de los procesos, como la calidad, la seguridad, el costo, el tiempo, la planeación y el control (ver **Figura 2**).



**Figura 2.** Principales relaciones de la productividad

Hablar de productividad en construcción, es hablar de productividad en sus procesos; de sus recursos materiales; de sus equipos; de sus cuadrillas de trabajo; de su información y energía. Estos recursos deben estar definidos dentro de los planes de mejoramiento, para lograr hacer un uso eficiente y eficaz, bajo políticas claras de calidad y seguridad. Deben además, estar soportados por procedimientos formales y explícitos de planeación y control, ya que su incidencia se refleja finalmente en los costos y tiempos que demandan los procesos.

La productividad en este sentido, puede entenderse como un indicador de efectividad en un sistema o proceso, donde relaciona la eficacia y la eficiencia dentro de un efecto sinérgico. La eficacia expresada como la cuantificación o valoración de un producto —con un alcance definido, entregado bajo condiciones estándares de calidad y ejecutado en un período determinado de tiempo, y la eficiencia expresada como el aprovechamiento de los recursos empleados, para lograr el producto relacionado al menor costo posible. Productividad entonces, es la relación existente entre la cantidad de obra generada con respecto a los recursos empleados [1], [7], [8], [9]:

$$PRODUCTIVIDAD = \frac{\text{producto}}{\text{recursos}}$$

#### 3.1 PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA

La mano de obra dentro de este marco conceptual, debe entenderse entonces, como un recurso activo que se requiere en un proceso constructivo y que, determina de manera directa, el tiempo de duración del mismo. La productividad de la mano de obra, indica la cantidad de obra ejecutada por un hombre o una cuadrilla claramente definida, en un período de tiempo. Es necesario precisar que, cuando se habla de la productividad haciendo referencia a un hombre, este debe ser considerado como una unidad promedio de la cuadrilla a la que pertenece.

Una cuadrilla claramente definida, es una cuadrilla con una configuración típica de oficiales y ayudantes. Cuando la productividad hace referencia a una cuadrilla, en lo posible debe configurarse, definirse y evaluarse con base en cuadrillas tipo, que no son más que la conformación de oficiales y ayudantes estrictamente necesarios y suficientes para realizar una tarea de manera idónea. La productividad puede expresarse entonces de las siguientes formas:

$$PRODUCTIVIDAD_{\text{mano de obra}} = \frac{\text{cantidad de obra}}{\text{hora - obrero}}$$

$$PRODUCTIVIDAD_{\text{mano de obra}} = \frac{\text{cantidad de obra}}{\text{hora - cuadrilla}}$$

Resumiendo se puede decir que, determinar la productividad de la mano de obra es cuantificar el rendimiento de las cuadrillas de trabajo, interpretado como una evaluación del desempeño en el proceso constructivo con respecto a una unidad de tiempo. Para cuantificar el rendimiento se requiere definir [7]:

- La configuración de la cuadrilla tipo.
- Las horas laboradas.
- El costo de las cuadrilla.
- La cantidad de obra.

#### 3.2 MEJORAMIENTO DE PRODUCTIVIDAD

Mejorar la productividad es mejorar el desempeño en los procesos. La implementación de una estrategia de mejoramiento debe tener como base los siguientes propósitos [10]:

- Mejorar el desempeño del proceso identificando y definiendo sus tareas y actividades (efectividad).
- Mejorar el aprovechamiento de los recursos activos del proceso —mano de obra y equipos (eficiencia).

- Mejorar la calidad del proceso, procurando que su resultado agregue valor (eficacia).
- Mejorar las condiciones laborales para incentivar la productividad de las cuadrillas de trabajo.
- Mejorar las habilidades y condiciones para aprovechar la curva de aprendizaje.
- Mejorar las condiciones laborales para incrementar la seguridad en el desarrollo de las tareas.

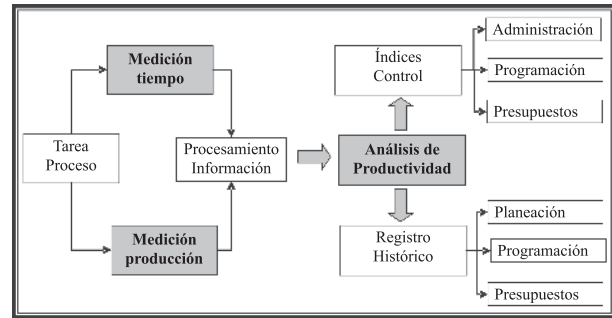
Además de indicar estos propósitos, un plan de mejoramiento se implementa con las siguientes etapas [1]:

- *Planeación*: etapa donde se definen los índices de productividad con respecto al trabajo, al presupuesto y al tiempo, para servir como marco de referencia a los programas de control.
- *Seguimiento y medición*: etapa donde se definen las metodologías y técnicas para tomar, procesar y analizar la información registrada en campo.
- *Control y evaluación*: es la fase de diagnóstico, de identificación de problemas, de definición de alternativas de solución, para adoptar medidas correctivas o de mitigación.
- *Implementación*: es la etapa de implantación e implementación de las acciones definidas en la etapa de control y evaluación.

Como actividad importante a lo largo de estas etapas de implementación, se debe considerar la *medición*, actividad que facilita la determinación de la productividad y permite identificar los aspectos de vulnerabilidad que la afectan, tales como [11]:

- el nivel de gestión en las obras;
- situaciones que requieren de manera oportuna implementar correctivos;
- el nivel de impactos generado por los cambios de planes realizados;
- el nivel de desempeño con respecto a otras obras y proyectos.

La medición bajo estas consideraciones, es entendida como la base fundamental para analizar la productividad, para establecer los índices de control y para organizar los registros históricos, que servirán en evaluaciones y proyecciones a futuro (ver **Figura 3**)



**Figura 3.** Esquema de mejoramiento de la productividad

### 3.3 ESTUDIO DEL TRABAJO

El estudio del trabajo es una metodología que toma, analiza y procesa información para hacer seguimiento y medición de la productividad.

El estudio del trabajo se enfoca en analizar tareas y procesos, a partir de dos técnicas: *a) análisis de métodos* y *b) medición de tiempos* [1], [9]. Estas técnicas se pueden emplear en las obras de construcción, haciendo las debidas adaptaciones.

*El análisis de métodos* registra y analiza el procedimiento empleado, buscando diseñar y aplicar aquel que le sea más práctico, eficiente, económico y que agregue valor. *El estudio de tiempos* registra, analiza y establece el tiempo justo y necesario que se requiere para ejecutar una tarea o proceso, bajo condiciones estándares de desempeño.

### 3.4 ESTUDIO DE TIEMPOS

El estudio de tiempos en otras palabras, es la medición del trabajo. Es registrar el tiempo que demandan las cuadrillas de trabajo para realizar una tarea. Este tiempo se expresa en términos de rendimiento, referido a una *cuadrilla calificada* de trabajo y a un *alcance definido*. La medición de tiempos se puede hacer a través de [9], [10]:

*a) Observación directa*: midiendo tiempos reales; estos se pueden estimar a través de observación discontinua — aleatorias, como los muestreos de trabajo o, por medio de observación continua empleando técnicas de cronometraje.

*b) Tiempos predeterminados*: tiempos definidos para actividades básicas que componen una tarea a fin de establecer el tiempo que demanda dicha tarea, efectuada según una norma establecida [9].

El propósito es determinar rendimientos para *fijar tiempos de desempeño tipo* o referencia, que permitan adelantar

planes de seguimiento y mejoramiento; además para establecer registros históricos que serán empleados en presupuestos y programas de obra para futuros proyectos. Como desempeño tipo se entiende aquel rendimiento obtenido de manera natural, como promedio de una jornada laboral en condiciones normales [9].

**3.5 MUESTREO DEL TRABAJO**

El muestreo es una técnica que permite medir el nivel de actividad de un proceso [1], [10]. Determina el tiempo que demanda un recurso activo, estableciendo un punto de referencia para el mejoramiento. Esta técnica presenta las siguientes características [1]:

- es una técnica cuantitativa (mide tiempos);
- está basada en muestreos estadísticos;
- es aplicable a recursos activos (mano de obra y/o equipos);
- requiere observaciones aleatorias;
- permite realizar inferencia estadística.

El muestreo de trabajo debe considerar, además, los siguientes aspectos [10]:

- la determinación del tiempo efectivo (porcentaje de inactividad);
- el muestreo estadístico del tiempo desarrollado por una tarea;
- el cálculo de tiempos normales considerando factores de tiempo efectivo.

**3.6. VALIDACIÓN DE LA TÉCNICA**

La validez es un indicador de la representatividad de los valores obtenidos en una muestra con respecto a su población y para ello, debe cumplir con los requisitos siguientes [10]:

Las cuadrillas y las condiciones de trabajo deben estar definidas y ser representativas de una situación normal. Se deben realizar un número adecuado de observaciones.

La información obtenida debe recogerse, analizarse y procesarse con una metodología reconocida y aceptada.

Es normal calcular el número de observaciones necesarias para un muestreo con base en un nivel de confianza y error establecidos previamente. De acuerdo al número de observaciones realizadas, se debe determinar el grado de confianza requerido para la muestra y el rango de error correspondiente.

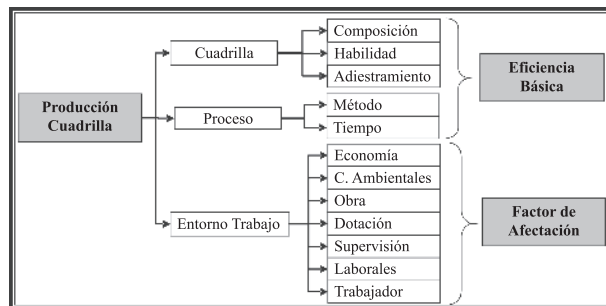
**3.7 PRODUCCIÓN DE LA MANO DE OBRA**

La producción de la mano de obra es la producción de las cuadrillas de trabajo con respecto a una unidad de tiempo, sea hora o día y está en función de: la composición de la cuadrilla, el proceso a desarrollar y las condiciones del entorno:

$$PRODUCCIÓN = f(CUADRILLA, PROCESO, ENTORNO)$$

Para la determinación de la producción de la mano de obra, debe aclararse la diferencia entre cuadrilla calificada, que será la cuadrilla tipo y la cuadrilla representativa. Una *cuadrilla calificada* está conformada por un grupo de oficiales y/o ayudantes de quienes se reconocen capacidades, adiestramiento, destreza, conocimiento y actitudes para efectuar una labor de construcción, según normas establecidas de seguridad, cantidad y calidad del trabajo. Una *cuadrilla representativa* es aquella cuya competencia y desempeño corresponden al promedio del grupo estudiado, lo que indica que no necesariamente es la misma cuadrilla [9].

Una cuadrilla tipo, será aquella cuadrilla calificada que representa la eficiencia básica para una tarea, y la representativa, será el promedio del desempeño afectado por factores externos como se muestra en la figura (ver **Figura 4**).



*Figura 4. Factores que afectan la producción de una cuadrilla*

La producción o el rendimiento de una cuadrilla pueden expresarse en términos de eficiencia, es decir, del aprovechamiento del tiempo para producir una cantidad de obra. Como expresión de la eficiencia se tiene:

$$EFICIENCIA = EFICIENCIA\_TIPO * factor\_de\_afectación$$

Con base en este criterio, la eficiencia final en un proceso puede indicarse como el porcentaje de aprovechamiento del tiempo o período de trabajo, que viene dado por una eficiencia base, tipo o de referencia, valorada a través

de un factor de afectación. *La eficiencia base debe estar referenciada a una cuadrilla tipo y a un proceso definido, por ello se considera que los rendimientos que se establezcan y calculen deben indicar estos atributos, para poder servir de un adecuado índice de comparación, seguimiento y control.* La eficiencia tipo es el rendimiento de una cuadrilla básica para desempeñar una tarea o producir una cantidad de obra definida por un procedimiento claro y consideraciones normales de trabajo.

La **Tabla 1**, muestra una clasificación cualitativa de la eficiencia que sirve de como escala de valoración —criterio de referencia en el presente trabajo de investigación. Una eficiencia del 100%, representa condiciones extraordinarias del entorno, por no decir ideales, donde el aprovechamiento de la capacidad de la cuadrilla, desarrollando un proceso bien definido, es a plenitud. Análogo al análisis de productividad de la maquinaria, es la eficiencia de un equipo “bajo condiciones de laboratorio”.

**Tabla 1.** Escala de Eficiencia del trabajo [12]

Eficiencia del trabajo	Rango en porcentaje
Muy baja	10 a 40
Baja	41 a 60
Promedio o normal	61 a 80
Muy buena	81 a 90
Excelente	91 a 100

Con base en esta escala se define la eficiencia que establece el desempeño tipo. En el libro “*Introducción al Estudio del Trabajo*” [9], se maneja la escala 60 -80, significando que: el valor inferior es el desempeño de una cuadrilla retribuida por tiempo —cuadrilla vinculada por administración directa, y el valor superior que es siempre superior en un tercio, el desempeño tipo correspondiente a una cuadrilla estimulada —ya sea por la vinculación por subcontrato, o por un esquema de bonificaciones. En un estudio realizado sobre la comparación de la productividad entre cuadrillas vinculadas por subcontrato y por administración directa, se encontró que la productividad de las cuadrillas que trabajan por subcontrato, tienen un indicador de producción, entre 20% y 40%, mayor que las cuadrillas por administración [13].

Para poder *comparar el rendimiento observado con el rendimiento tipo*, se adoptan estas escalas numéricas como referencia para calcularlos. *En el presente trabajo se emplea el 70% como valor para la eficiencia tipo.* La valoración representa el factor de afectación que

modificará la eficiencia tipo y poder calcular la producción o el rendimiento básico.

### 3.8 VALORACIÓN DEL TRABAJO

Valorar el rendimiento es justipreciar por correlación la idea que se tiene del rendimiento tipo [9]. La eficiencia depende también de factores externos al proceso que castigarán o contribuirán a mejorar la eficiencia (ver **Tabla 2**), valorando los rendimientos de las cuadrillas observadas. Se pueden mencionar los siguientes:

*a) Entorno de obra:*

- Economía –entorno
- Condiciones ambientales

*b) Condiciones en Obra:*

- Organización
- Dotación -equipos
- Supervisión –control, calidad.
- Contractuales

*c) Trabajador-habilidad*

**Tabla 2.** Afectación de Cada Grupo [14]

Grupo	Rango (%)
Economía –entorno	50 a 75
Clima	40 a 75
Obra –organización	40 a 80
Equipo –dotación	55 a 75
Supervisión –control	50 a 75
Laborales –condiciones	40 a 80
Trabajador –habilidades	60 a 75

## 4. ESTUDIO DE TIEMPOS DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS

### 4.1 ALCANCE DEL ESTUDIO

El presente trabajo de investigación se centró en identificar, definir y aplicar una metodología de seguimiento y medición de la productividad de la mano de obra para mejorar su desempeño, basado específicamente en técnicas de estudio de tiempos, dentro del plan de implementar herramientas metodológicas que ayuden a mejorar los procesos de gestión en obra.

#### **4.2 PRODUCTOS ESPERADOS DEL ESTUDIO**

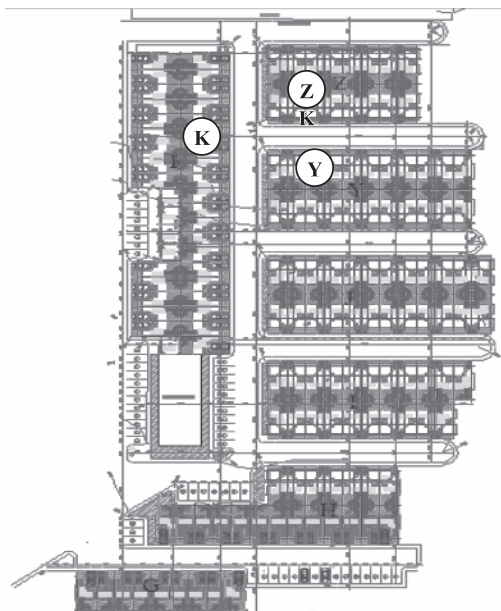
Como resultado del presente trabajo se tiene lo siguiente:

- a) Un planteamiento metodológico inicial, que debe ser mejorado, para estimar rendimientos de mano de obra, dentro de un esquema de mejoramiento de la productividad.
- b) Los registros históricos de procesos, que servirán como parámetro de evaluación futura.

El resultado de la aplicación de la metodología, es el *registro histórico de rendimientos tipo* que servirán de referencia, en los programas de seguimiento y control de la misma constructora. El presente estudio arrojó resultados sobre cuatro procesos típicos del sector de la construcción, correspondientes a un proyecto de construcción de viviendas adelantado en el año 2007 por una constructora reconocida en la ciudad de Bucaramanga.

#### **4.3 DESCRIPCIÓN DE LA OBRA EN ESTUDIO**

La obra corresponde a un proyecto de urbanización localizado en el municipio de Piedecuesta (Santander), conformado por 146 viviendas y 5 locales comerciales; 45 construidas de dos pisos y 101 de dos pisos más altillo (ver **Figura 5**). El área promedio construida de las viviendas es de 76 m<sup>2</sup> y 103 m<sup>2</sup> respectivamente.



**Figura 5.** Plano Urbanístico Urbanización [15]

#### **4.4 CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DE LA OBRA**

La obra presenta las siguientes características generales:

- El almacén de obra está ubicado aproximadamente a 150 m de la zona más alejada de trabajo.
- El acarreo interno de los materiales y herramientas, realizado diariamente por los mismos trabajadores, en algunos casos, fueron transportados en vehículo hasta un lugar cercano de los procesos.
- Diariamente se realizó la limpieza de escombros, como política de aseo exigida por el ingeniero residente de obra.
- El horario laboral normal fué: lunes a viernes de 7 a.m. a 5:00 p.m.
- Los días sábados se trabajó un horario normal.
- El tiempo destinado para el almuerzo fue de 12 a.m. a 1 p.m.; los descansos durante el día fueron a las 9 a.m. y a las 3 p.m.
- Las mediciones de los procesos se realizaron en las manzanas K, Y y Z (ver **Figura 5**).

#### **4.5 SELECCIÓN DE PROCESOS**

Los criterios que se tuvieron en cuenta para seleccionar los procesos fueron:

- Representatividad y alto impacto de los procesos sobre el presupuesto total de obra.
- Programa de obra.
- Adecuada planeación y organización del trabajo a desarrollar en el proceso.
- Continuidad en las mediciones a las cuadrillas de trabajo.
- Condiciones comparables y medibles de las tareas a desarrollar en los procesos.

#### **LEY DE PARETO**

De acuerdo a la ley de Pareto se identificaron los ítems de costo más representativos. Los ítems de costo son básicamente los procesos constructivos a ejecutar en la obra.

Los procesos seleccionados son (ver **Tabla 5**):

- Mampostería en bloque E-11. Las mediciones se realizaron en la manzana K.
- Piso en cerámica marfil light 40 x 40. Las mediciones se realizaron en la manzana K.
- Friso. Las mediciones se realizaron en las manzanas Y y Z.

- Estuco. Las mediciones se realizaron en las manzanas Y y Z.

Tabla 5. Procesos analizados

Ítem – Proceso	Cant.	Un	% Vr Total	% Inc.
Mampostería en bloque E -11	20.045	m <sup>2</sup>	7,9%	7,9%
Piso cerámica marfil Light 40 x 40	8.909	m <sup>2</sup>	27,1%	4,5%
Friso	30.600	m <sup>2</sup>	32,9%	3,8%
Estuco	34.558	m <sup>2</sup>	72,5%	1,0%

Estos procesos se desarrollaron de forma simultánea y bajo condiciones que facilitaron el registro de tiempos. En conjunto representan más del 15 % del costo total de la obra. Tres de los cuatro procesos analizados, tienen un impacto superior al 3.8 %, lo cual representa una alta prioridad para nuestro seguimiento en obra.

#### 4.6 PERÍODO DE OBSERVACIÓN

Los procesos se observaron durante los meses de marzo y mayo de 2007. Este período representó la muestra de nuestra población objetivo.

#### 4.7 ANÁLISIS DE DATOS

El número de mediciones tomadas incide directamente con la precisión y validez de los valores. Siendo la estimación de la productividad análoga al muestreo, la validez se calculó con base en el método estadístico desarrollado por Mundel, determinando el número de observaciones necesarias para el caso de  $\pm 5\%$  de error y un 95% de confianza [10].

#### Mampostería en bloque E-11

Como datos generales de este proceso analizado, se tiene:

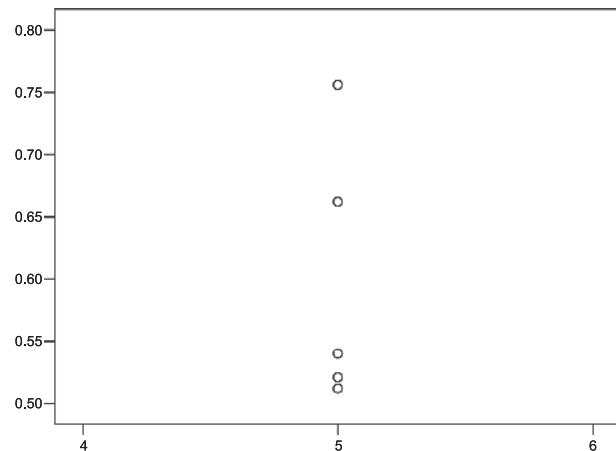
- Unidad de medida: m<sup>2</sup>
- Cantidad a ejecutar: 20.045 m<sup>2</sup>
- Cuadrilla tipo (2x1)
- No Grupos de trabajo: 1
  - Grupo observado: Grupo No 5
    - No de cuadrillas: 1
    - No de observaciones: 5

Este proceso contó con cinco grupos de trabajo para observar. Por inconvenientes presentados solo se pudieron registrar mediciones en el grupo No 5. Para este grupo

se tomaron cinco mediciones que se consideran no representativas, pero para efectos de la metodología de seguimiento, se constituyen en el punto de partida que permite generar una desviación estándar, referencia para estimar la muestra de los futuros seguimientos al proceso, además de establecerse como rendimiento tipo, punto de comparación para futuras obras con características similares.

La dispersión de los datos se puede observar en la **Figura 6** y la prueba gráfica del supuesto de normalidad se puede observar en la **Figura 7**.

#### Mampostería en bloque E-11



#### Cuadrilla Tipo (2x1) Rendimiento h-H/m<sup>2</sup>

Figura 6. Diagrama de dispersión. Proceso: Mampostería

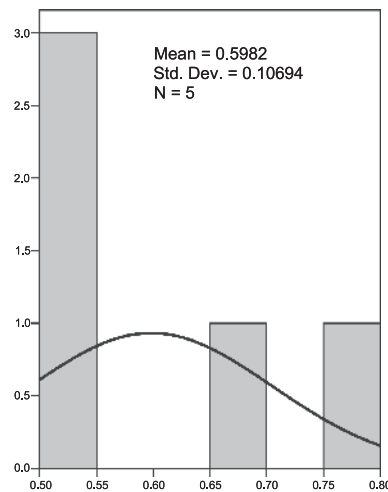
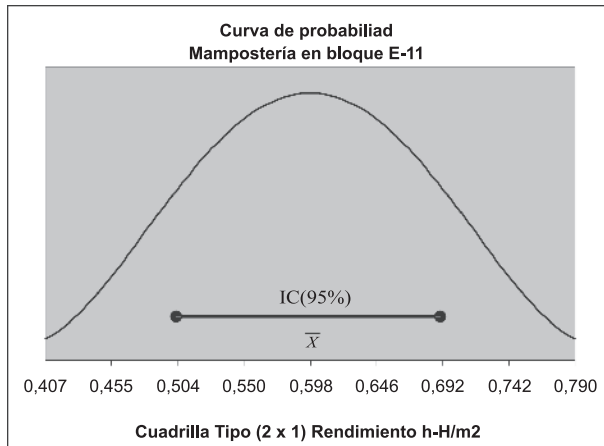


Figura 7. Validación del supuesto de normalidad para el grupo No 5. Proceso: Mampostería



El *rendimiento tipo* promedio de este proceso es  $0,598 \text{ h-H/m}^2$  (horas Hombre por metro cuadrado), con amplia variación de  $0,244 \text{ h-H/ m}^2$ , consecuencia de una muestra no representativa por insuficiencia en el número de observaciones. Utilizando un nivel de confianza del 95%, el rango  $(0,504 - 0,692) \text{ h-H/ m}^2$  será el conjunto de posibilidades de las futuras mediciones consideradas aceptables en futuros proyectos con características similares (ver **Figura 8**).



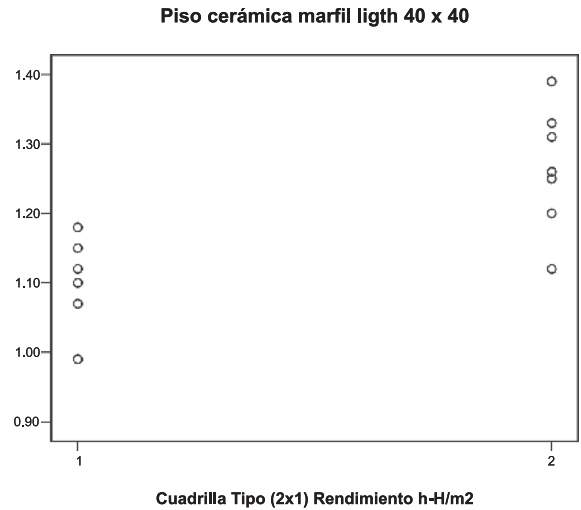
**Figura 8.** Función de Probabilidad. Proceso: Mampostería

**Piso cerámica marfil light 40 x 40**

Como datos generales de este proceso analizado, se tiene:

- Unidad de medida: m<sup>2</sup>
- Cantidad a ejecutar: 8.909 m<sup>2</sup>
- Cuadrilla tipo (2x1)
- No Grupos de trabajo: 2
  - Grupo de trabajo No 1
    - No de cuadrillas: 1
    - No observaciones: 9
  - Grupo de trabajo No 2
    - No de cuadrillas: 1
    - No observaciones: 10

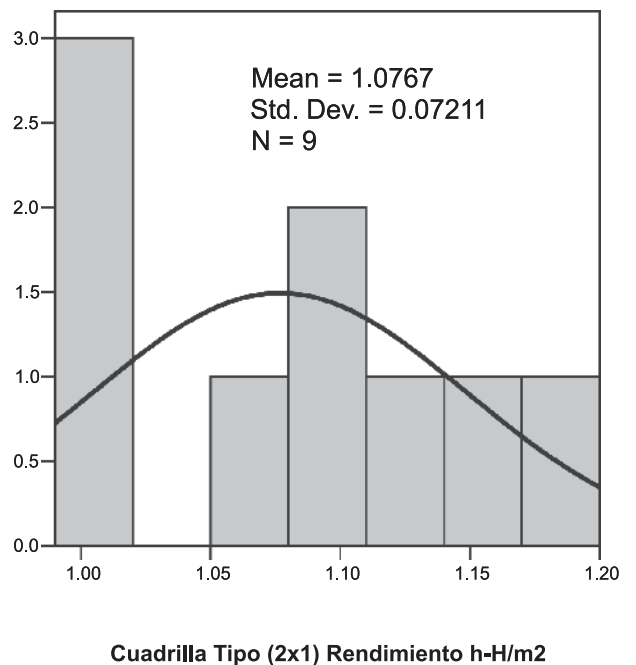
La dispersión de los datos se muestra en la **Figura 12**.



**Figura 9.** Diagrama de dispersión. Proceso: Piso en cerámica

La validación del supuesto de normalidad se muestra en la **Figura 10**.

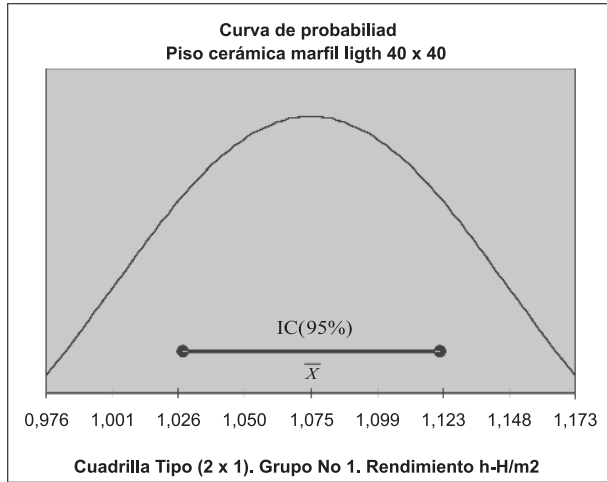
**Piso cerámica marfil light 40 x 40**



**Figura 10.** Validación del supuesto de normalidad. Grupo No 1. Proceso: Piso en cerámica

El rendimiento ajustado promedio óptimo, es decir, cuando una solución arroja el mejor valor, ya sea máximo o mínimo [16], corresponde a la cuadrilla tipo

del Grupo No 1. El *rendimiento tipo* promedio es  $1,075 h-H/m^2$ , con una variación de  $0,193 h-H/m^2$ . Con un nivel de confianza del 95% el rango  $(1,026 - 1,123) h-H/ m^2$ , será el conjunto de posibilidades aceptables en futuras mediciones (ver **Figura 11**).



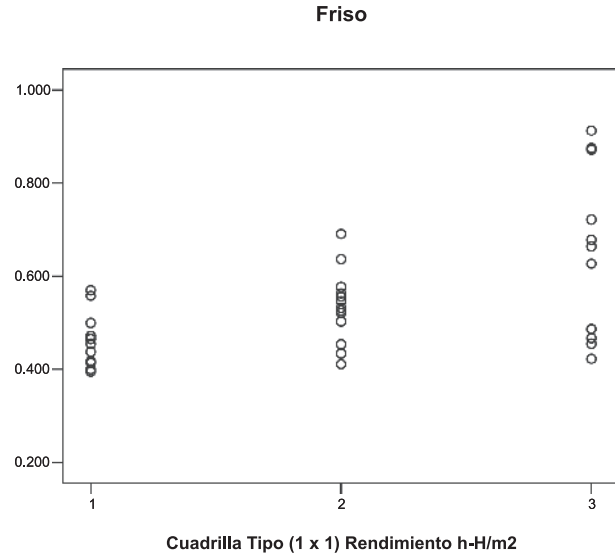
**Figura 11.** Función de Probabilidad. Proceso: Piso en cerámica

**Friso**

Como datos generales de este proceso analizado, se tiene:

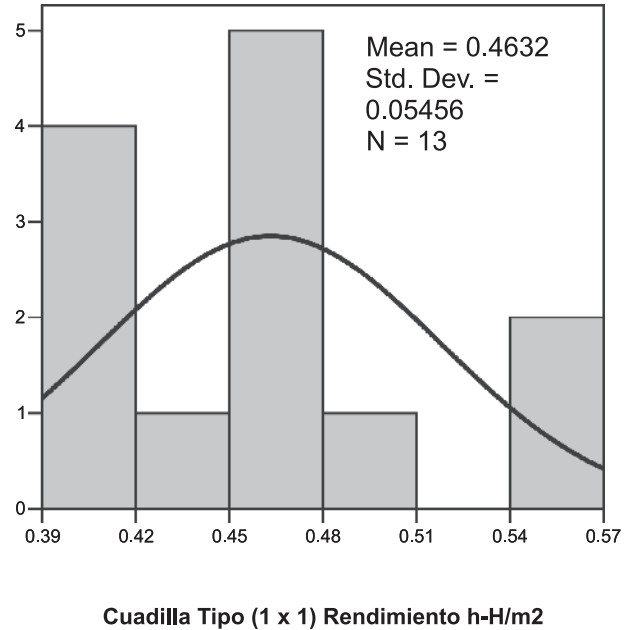
- Unidad de medida:  $m^2$
- Cantidad a ejecutar: 30.600  $m^2$
- Cuadrilla tipo (1x1)
- No Grupos de trabajo: 3
  - Grupo de trabajo No 1
    - No de cuadrillas: 3
    - No observaciones : 13
  - Grupo de trabajo No 2
    - No de cuadrillas: 2
    - No observaciones: 13
  - Grupo de trabajo No 3
    - No de cuadrillas: 2
    - No observaciones: 12

La dispersión de los datos se puede observar en la **Figura 12** y la prueba gráfica del supuesto de normalidad se puede observar en la **Figura 13**.



**Figura 12.** Diagrama de dispersión. Proceso: Friso

**Friso**



**Figura 13.** Validación del supuesto de normalidad. Grupo No 1. Proceso: Friso

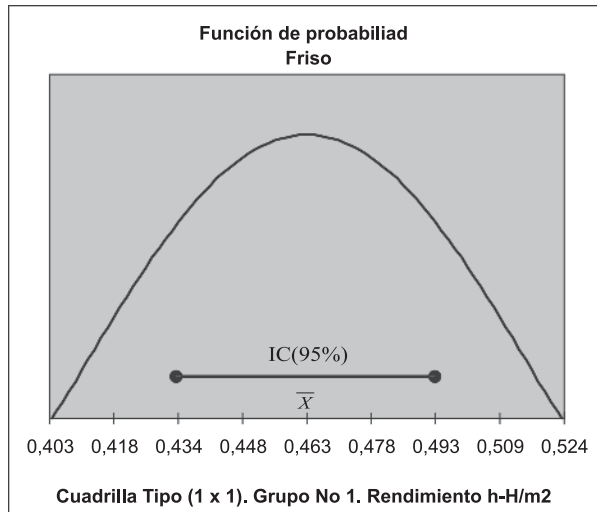


Figura 14. Función de Probabilidad. Proceso: Friso

Los valores óptimos, tanto en el rendimiento promedio tipo y las medidas de dispersión, corresponden a la cuadrilla tipo del Grupo No 1. El *rendimiento tipo* promedio de este proceso es  $0,463 \text{ h-H/m}^2$ , con una variación de  $0,175 \text{ h-H/m}^2$ . Con un nivel de confianza del 95% el rango ( $0,434 - 0,493$ )  $\text{h-H/m}^2$ , será el conjunto de posibilidades para futuras mediciones consideradas aceptables (ver **Figura 14**).

### Estuco

Como datos generales de este proceso analizado, se tiene:

- Unidad de medida:  $\text{m}^2$
- Cantidad a ejecutar:  $34.558 \text{ m}^2$
- Cuadrilla tipo (1x0)
- No Grupos de trabajo: 1
  - Grupo de trabajo No 1
    - No de cuadrillas: 3
    - No de observaciones: 8

La dispersión de los datos se puede observar en la **Figura 15** y la prueba gráfica del supuesto de normalidad se puede observar en la **Figura 16**.

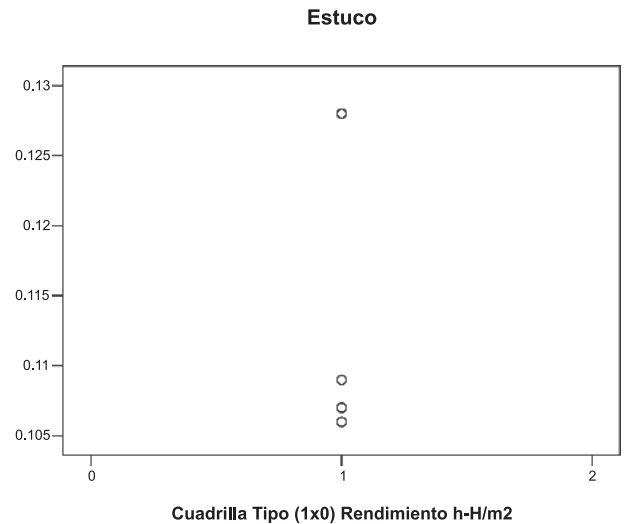


Figura 15. Diagrama de dispersión. Proceso: Estuco Grupo No 1. Proceso: Estuco

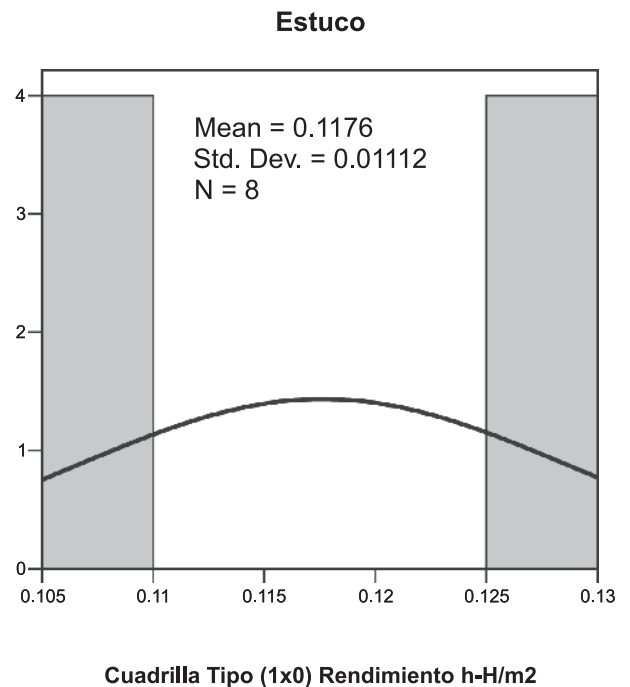


Figura 16. Validación del supuesto de normalidad.

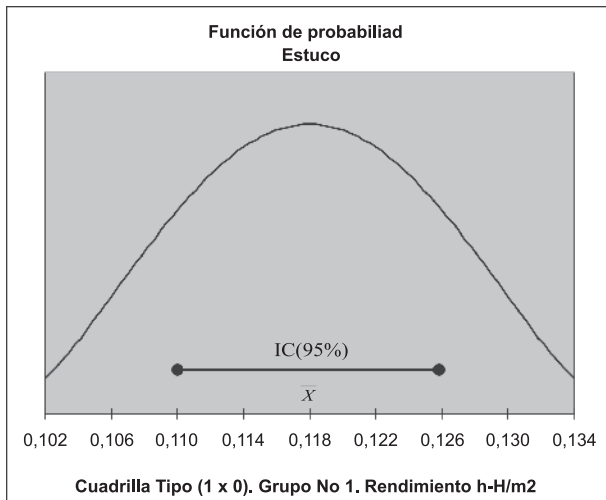


Figura 17. Función de Probabilidad. Proceso: Estuco

En este proceso se encontró que el *rendimiento promedio tipo* es  $0,118 \text{ h-H/m}^2$ , con una variación de  $0,022 \text{ h-H/m}^2$ . Con un nivel de confianza del 95% el rango  $(0,110 - 0,126) \text{ h-H/m}^2$ , será el conjunto de posibilidades de mediciones consideradas aceptables (ver Figura 17).

## 5. RESULTADOS FINALES

Los resultados finales de este trabajo se resumen en la **Tabla 6**. En las columnas se indica el Rendimiento Tipo en horas – Hombre por  $\text{m}^2$  (Rdto Tipo  $\text{h-H/m}^2$ ), la producción Tipo en  $\text{m}^2$  por hora – Hombre (Prod. Tipo) y Producción Tipo en  $\text{m}^2$  por día - Hombre

Tabla 6. Rendimientos Tipo Promedios

Proceso -Ítem (Resultado del estudio)	Rdto Tipo	Prod. Tipo	Prod. Tipo
	$\text{h-H/m}^2$	$\text{m}^2/\text{h-H}$	$\text{m}^2/\text{dia-H}$
Mampostería bloque E-11	<b>0,598</b>	1,67	<b>13,37</b>
Piso cerámica marfil lighth 40 x 40	<b>1,075</b>	0,93	<b>7,44</b>
Friso	<b>0,463</b>	2,16	<b>17,27</b>
Estuco	<b>0,118</b>	8,49	<b>67,95</b>

A continuación se hace una comparación de los datos aquí presentados, con respecto a los resultados presentados por otros autores y, con respecto a información publicada en bases de datos comerciales del país, con el propósito de analizar algunas ventajas y desventajas.

En cuanto a los resultados mostrados para el proceso de *Mampostería en bloque E-11*, arrojó una producción diaria tipo promedio de  $13,37 \text{ m}^2$  por Hombre, basado en una cuadrilla (2x1).

Para este mismo proceso, de acuerdo con datos de Botero [12] los resultados de actividades similares son:

- Mampostería en bloque concreto:  
 $0,404 \text{ h-H/m}^2$        $19,8 \text{ m}^2/\text{h-H}$
- Mampostería en ladrillo cerámico:  
 $0,416 \text{ h-H/m}^2$        $19,2 \text{ m}^2/\text{h-H}$
- Mampostería en bloque split:  
 $0,675 \text{ h-H/m}^2$        $11,8 \text{ m}^2/\text{h-H}$

De acuerdo con Construdata [17], tomando una actividad similar:

- Mampostería en bloque No 5 0,12:  
 $0,51 \text{ h-C/m}^2$        $7,8 \text{ m}^2/\text{h-H}$   
Cuadrilla AA (1oficial x 1 ayudante)

En cuanto a los resultados para el proceso de *Piso cerámica marfil Light 40 x 40*, tenemos lo siguiente: una producción diaria tipo promedio de  $7,44 \text{ m}^2$  por Hombre, referida a una cuadrilla (2x1).

De acuerdo con Botero [12] los resultados de actividades similares son:

- Enchape en cerámica:  
 $0,917 \text{ h-H/m}^2$        $8,72 \text{ m}^2/\text{h-H}$

De acuerdo con Cano [14] los resultados de actividades similares son:

- Enchape pisos de cocina:  
 $1,251 \text{ h-H/m}^2$        $6,39 \text{ m}^2/\text{h-H}$

De acuerdo con Construdata [17], tomando una actividad similar:

- Enchape corona 20,5 x 20,5:  
 $0,85 \text{ h-C/m}^2$        $4,71 \text{ m}^2/\text{h-H}$   
Cuadrilla AA (1oficial x 1 ayudante)

En el proceso de *Friso*: tiene una producción diaria tipo promedio de  $17,27 \text{ m}^2$  por Hombre, referida a una cuadrilla (1x1).

De acuerdo con CONSTRUDATA [17], tomando una actividad similar:

- Repello liso muros (1:4):  
 $0,46 \text{ h-C/m}^2$        $8,70 \text{ m}^2/\text{h-H}$   
Cuadrilla AA (1oficial x 1 ayudante)

Para el proceso de *Estuco*: tiene una producción diaria tipo promedio de 17,27 m<sup>2</sup> por Hombre, referente a una cuadrilla (1x0).

Como comentario respecto a estos datos, tenemos que hay diferencia de valores y que se hace necesario definir el alcance de los resultados en cada caso, para poder establecer comparaciones.

Cuando en las obras de construcción se subcontrata la mano de obra, necesita definirse explícita y formalmente la productividad diaria a la que se comprometen las cuadrillas de trabajo, para hacer un adecuado seguimiento y control en la obra. El inconveniente que se tiene en la mayoría de ellas cuando se emplea este sistema de vinculación laboral, se debe a la falta de indicadores que comprometan el desempeño con la productividad

## 6. COMENTARIOS

La selección de los procesos estudiados en el presente trabajo, se realizó con base en la ley de Pareto, arrojando un resultado inicial de 20 ítems posibles a analizar. Esta cantidad de ítems fue imposible analizarla por limitantes de tiempo y disponibilidad de analistas. Como solución a esta dificultad, se empleó otro criterio adicional, basado en la evaluación del impacto que puede representar el costo de un ítem (de los 20 inicialmente seleccionados) con respecto al presupuesto total, escogiendo aquellos con un impacto significativo. Si se logra un buen control y mejoramiento en un proceso con un impacto significativo, se podrá mejorar sobre un porcentaje apreciable del costo total.

La programación de obra, se convierte en una herramienta de apoyo en el estudio de medición de trabajo, ya que con base en este instrumento de administración se puede identificar el tamaño de la población, que no es otra cosa que el número de observaciones posibles, para calcular así, el tamaño de la muestra a estudiar.

Queda una sensación de preocupación en los autores, acerca del mejoramiento de la productividad, cuando en las obras se subcontrata la mano de obra. Partiendo de un principio básico, el mejoramiento productivo debe entenderse de manera integral, pues este se logra a partir del trabajador e influye en sus tareas, en el proceso, en la obra, en el proyecto, en la empresa, en el sector de la construcción, y en el crecimiento económico del país. El mejoramiento que agregue valor, debe realizarse a partir de los trabajadores, de las cuadrillas de trabajo, ya sean subcontratadas o no. Pero, actualmente, ha dejado esta enorme responsabilidad en manos de subcontratistas y maestros de obra, que no cuentan con la formación académica y capacitación necesaria para diseñar e implementar planes de seguimiento y mejoramiento de la productividad. *Este, es un problema de cultura en la gestión de nuestras obras.*

## 7. CONCLUSIONES

La técnica del *estudio de trabajo* permite diseñar programas de seguimiento y control en las obras, basado en la productividad de las cuadrillas de trabajo. Esta técnica ofrece un marco conceptual centrado en: *el estudio de procesos, y el estudio de tiempos*. Diseñar metodologías de mejoramiento para las obras, que involucre la productividad como un indicador de seguimiento, requiere entonces plantear la técnica del estudio de trabajo, realizando análisis de sus procesos y de los tiempos que demandan.

En los resultados finales del presente trabajo, queda demostrado que para establecer los rendimientos de las cuadrillas de trabajo y los criterios de mejoramiento de productividad, no solo basta con realizar estudios de tiempos, además, se requiere realizar un estudio que indique las tareas involucradas en el proceso medido, para poder ser referente de comparación o mejoramiento. Los rendimientos calculados no contienen información suficiente donde indique el alcance del proceso, las tareas involucradas, la información del entorno de trabajo e información sobre la conformación y características de la cuadrilla. La técnica de estudio de tiempos comentada en el presente artículo debe mejorarse en ese sentido. Debe considerarse un estudio de procesos que acompañe al estudio de tiempos y rendimientos de las cuadrillas.

La productividad o rendimiento calculados con esta metodología, tiene dos funciones: a) servir como parámetro de mejoramiento en procesos futuros definiéndose como *rendimientos tipo*, donde se expresen en la medida de lo posible, sin la valoración subjetiva del entorno; b) servir como *registro histórico* de apoyo a los procesos de elaboración de presupuestos y programación de obra, donde podrán ser afectados por las futuras condiciones de la obra.

## 8. RECOMENDACIONES

Es necesario adelantar trabajos de investigación para calcular rendimientos de mano de obra, apoyándose en la técnica del estudio del trabajo, considerando el estudio de procesos y el estudio de tiempos, para establecer una metodología robusta que pueda ser utilizada en los programas de mejoramiento de la productividad.

Para el estudio de tiempos se requiere explorar otras metodologías de evaluación estadística, que brinden condiciones de validez, cuando no se tengan el número de datos suficientes. Metodologías empleadas en el diseño de experimentos, pueden ser exploradas para este fin.

Dentro de los parámetros que se tienen en cuenta para estimar la productividad o rendimiento, debe estudiarse y precisarse más sobre los factores de valoración, ya que los utilizados en el presente estudio ha sido una adaptación de factores utilizados en contextos diferentes al nuestro, pero que presentan características similares [18].

## 9. REFERENCIAS

[1] SERPELL B. Alfredo. Administración de Operaciones de Construcción. 2ª edición. México: ALFAOMEGA Grupo Editor S. A. de C. V. 2002. 291 p.

[2] LEAN CONSTRUCTION INSTITUTE–LCI. <http://www.leanconstruction.org/> (Última visita agosto de 2007)

[3] CHACALTANA, Juan, OIT Regional para América Latina y el Caribe. (2006) “Dimensiones de la Productividad del trabajo en las empresas en América Latina”

[Online]

[4] HOLMMES Rudolf. “Quedados en el crecimiento de la Productividad”, El Tiempo [Online] [http://www.eltiempo.com/tiempoimpreso/edicionimpresa/opinion/2007-09-07/ARTICULO-WEB-NOTA\\_INTERIOR-3712002.html](http://www.eltiempo.com/tiempoimpreso/edicionimpresa/opinion/2007-09-07/ARTICULO-WEB-NOTA_INTERIOR-3712002.html) (Última visita septiembre 07 de 2007)

[5] YAMAMOTO, Sachiko, OIT Regional para Asia y el Pacífico. (2007) “Foro de Asia sobre el empleo: Promover la productividad para beneficio de todos” [Online]

[http://www.ilo.org/global/About\\_the\\_ILO/Media\\_](http://www.ilo.org/global/About_the_ILO/Media_)

[and\\_public\\_information/Press\\_releases/lang-es/WCMS\\_083526/index.htm](http://www.ilo.org/global/About_the_ILO/Media_and_public_information/Press_releases/lang-es/WCMS_083526/index.htm) (Última visita septiembre 08 de 2007)

<http://www.oit.org.pe/portal/noticias.php?docCodigo=435> (Última visita septiembre 08 de 2007)

[6] CICE<sub>1</sub> “Modern Management System” A construction industry cost effectiveness Project report. New York: The Business Roundtable. 1982

[7] MERCADO R. Ernesto. Productividad base de la Competitividad. México: Editorial LIMUSA S. A. de c. V. Grupo Noriega Editores. 1998. 400 p.

[8] OGLESBY Clarkson H., PARKER Henry W., HOWELL Gregory A. Productivity improvement in Construction. New York: McGraw-Hill. 1989. 588 p.

[9] OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO -OIT. (1957) Introducción al Estudio del Trabajo. 2ª edición. Ginebra. 1973. 442 p.

[10] CASTANYER F, Francesc. Control de Métodos y Tiempos. México: ALFAOMEGA Grupo Editor S. A. de C. V. 1999 166 p.

[11] CICE<sub>2</sub> “Measuring Productivity in Construction” A construction industry cost effectiveness Project report. New York: The Business Roundtable. 1982

[12] BOTERO B., Luis Fernando. Análisis de Rendimientos y Consumos de Mano de Obra. Revista Universidad EAFIT No 128, 2002

[13] TORRES R. Luz Ángela. “Análisis comparativo de mano de obra entre subcontrato y administración -su influencia en la productividad” Trabajo de Grado, modalidad práctica empresarial. Director: Guillermo Mejía Aguilar. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. 2006.

[14] CANO R. Antonio, DUQUE V. Gustavo. Rendimientos y Consumos de Mano de Obra. Medellín: SENA – CAMACOL. 2000. 43 p.

[15] HERNÁNDEZ C. Triny Carolina. “Apoyo en el estudio sobre la medición de productividad y rendimientos, consumo de materiales, mano de obra y equipos utilizados para la ejecución de actividades, basado en el análisis por precios unitarios” Trabajo

de Grado, modalidad práctica empresarial. Director: Guillermo Mejía Aguilar. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. 2007

[16] TAHA. Hamdy A. Investigación de Operaciones 7ª edición. México: PEARSON - Prentice Hall. 2004. 830 p.

[17] CONSTRUDATA. Revista Construdata edición 138, Marzo – Mayo 2006. Bogotá: Legis S. A.

[18] OTERO L., Gabriel Santiago. “Asistencia Técnico-Administrativa para el Soporte del Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001 en Obras de Ruitoque Condominio, Urbanas S.A”. Trabajo de Grado, modalidad práctica empresarial. Director: Guillermo Mejía Aguilar. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. 2005

## **CURRÍCULUM**

### **Guillermo MEJÍA AGUILAR**

Ingeniero Civil M Sc.  
Profesor auxiliar, Escuela de Ingeniería Civil  
Universidad Industrial de Santander  
gmejia@uis.edu.co

### **Triny Carolina HERNÁNDEZ C.**

Estudiante, Escuela de Ingeniería Civil  
Universidad Industrial de Santander  
trinycarolinahernandez@hotmail.com