

*Encuentro de Investigadores y Docentes de Ingeniería 2009
EnIDI 2009, Los Reyunos, San Rafael, Mendoza, Argentina*

PRODUCTIVIDAD REAL EN OBRAS CIVILES. ANÁLISIS DE UN CASO

Alejandro Cantú^a, Jorge Moreno^a, Mauro Gallina^a, Germán García^a

^aFacultad de Ingeniería, UNCuyo. Centro Universitario (5500) Mendoza.

Casilla de correos 405. Argentina.

acantu@uncu.edu.ar

Resumen: Productividad es la relación entre lo producido y lo gastado en ello, pero también representa la medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un producto específico.

Hay muchos factores que afectan la productividad en la construcción, pero lo importante es saber cuáles son los que más impactan negativamente, para poder actuar sobre ellos con el fin de disminuir su efecto.

El contenido de trabajo de una tarea o actividad de construcción está compuesto por actividades productivas, que aportan a la ejecución propiamente dicha y actividades complementarias o contributorias como apoyo a la actividad principal.

Uno de los problemas más serios en relación a las pérdidas que se producen en obra es no detectar adecuadamente las actividades no contributorias durante la ejecución de una tarea, ya que éstas van restando tiempo al disponible para realizar el trabajo productivo.

El muestreo del trabajo sirve para medir el porcentaje de tiempo que la mano de obra y los equipos ocupan en ciertas categorías predeterminadas de actividades. Conociendo cómo es utilizado el tiempo de estos recursos, aparecerán los problemas que afectan la productividad, los que al ser eliminados, permitirán reducir los costos asociados a la mano de obra y a los equipos.

Se presenta en este trabajo la experiencia en la implementación de la técnica del “Muestreo del Trabajo” como un método de medición del nivel de actividad de un proyecto u obra. Se realiza una determinación de la forma en que el tiempo de trabajo está siendo utilizado por el personal, midiendo el porcentaje de tiempo que la mano de obra ocupa en ciertas categorías predeterminadas de actividades, proponiendo acciones de mejora.

Palabras clave: productividad, muestreo del trabajo, obras civiles.

1 Introducción

Productividad es la relación entre lo producido y lo gastado en ello. También puede definirse en forma más explícita como una medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un producto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado. Es decir, la productividad comprende tanto la eficiencia como la efectividad en la ejecución de una tarea. [1]

La productividad está asociada a un proceso de transformación. A este proceso ingresan recursos necesarios para producir un material, un bien o dar un servicio, y

posteriormente, a través del proceso, se obtiene un producto o un servicio terminado. En la construcción, los principales recursos empleados en los proyectos son:

- Los materiales
- La mano de obra
- La maquinaria y equipos

Considerando los diferentes tipos de recursos, es posible hablar de las siguientes productividades:

- Productividad de los materiales: en la construcción es importante una buena utilización de los materiales, evitando todo tipo de pérdidas.
- Productividad de la mano de obra: es un factor crítico, ya que es el recurso que generalmente fija el ritmo de construcción y del cual depende, en gran medida, la productividad de los otros recursos.
- Productividad de la maquinaria: este factor es importante por el alto costo de los equipos, siendo por lo tanto, muy relevante evitar pérdidas en la utilización de este tipo de recurso.

Hay muchos factores que afectan la productividad en la construcción. Lo importante en una obra es saber cuáles son los negativos, para poder actuar sobre ellos de modo de disminuir su impacto, y cuáles aportan positivamente de manera de incrementar su efecto.

1.1 Contenido del trabajo

El contenido de trabajo de una tarea o actividad de construcción se compone, de [1]:

- Trabajo productivo TP: aquel trabajo que aporta en forma directa a la producción, incluyendo actividades tales como la colocación de ladrillos, el pintado de un muro o la colocación de la armadura.
- Trabajo contributorio TC: aquel trabajo de apoyo, que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo. Algunos ejemplos de actividades en esta categoría: recibir o dar instrucciones, leer planos, retirar materiales, ordenar o limpiar, descargar un camión, etc.
- Trabajo no contributorio o no productivo TNC: cualquier actividad que no corresponda a alguna de las categorías anteriores, por ejemplo: caminar con las manos vacías, esperar que otro obrero termine su trabajo, fumar, etc.

En varias obras en que se ha realizado un seguimiento continuo de los índices de trabajo en las distintas categorías y en las que se han aplicado sistemas de mejoramiento de la productividad, se han logrado valores aceptables, siendo estos: [1]

- Trabajo productivo: 60%
- Trabajo contributorio: 25%
- Trabajo no contributorio: 15%

Uno de los problemas más serios en relación a las pérdidas que se producen en obra se encuentran en los sistemas de control (costo, avance físico, etc.) que no reflejan adecuadamente las actividades no contributorias durante la ejecución del trabajo, las que pasan normalmente desapercibidas en el contexto general. Durante la ejecución del trabajo se van produciendo actividades no contributorias que van restando tiempo, al disponible para realizar el trabajo productivo, que es el que

interesa. Sobre estas actividades hay que actuar oportunamente, para mejorar la productividad y reducir pérdidas.

1.2 Definición de pérdidas

En general, se define como pérdidas a aquellas actividades que produciendo un costo, ya sea directo o indirecto, no agregan valor ni avance a un proyecto. La gran variedad de "pérdidas" que se generan en los procesos constructivos hace necesario establecer clasificaciones que permitan agruparlas de manera de poder obtener con mayor claridad las posibles relaciones causa - efecto que entre ellas se generan. [2]

Las pérdidas pueden ser clasificadas de acuerdo a su fuente según al área a la que pertenecen:

- Administración: requerimientos innecesarios, exceso o falta de control, mala planificación o excesiva burocracia.
 - Uso de Recursos: exceso o falta de cantidad, mal uso, mala distribución o disponibilidad.
 - Sistemas de Información: no necesaria, defectuosa, atrasada o poco clara.
- Dentro de este contexto, se puede plantear la siguiente clasificación general de pérdidas:
- Pérdidas por sobreproducción, exceso de hormigonado o de armaduras.
 - Pérdidas por esperas, interferencias, falta de instrucciones, falta de materiales, etc.
 - Pérdidas por transporte, distancias excesivas o viajes innecesarios.
 - Pérdidas por movimientos, inspecciones innecesarias, supervisión excesiva, pérdidas de materiales.
 - Pérdidas por inventarios: más espacios de bodegas y acopios, más inversión de capital, más pérdidas de materiales, etc.
 - Pérdida por operaciones: método inadecuado que gasta demasiado los equipos o usa mal los materiales.
 - Pérdidas por defectos: reparaciones, trabajos rehechos, etc.
 - Pérdidas por tiempo, demoras excesivas en resolver problemas, en recibir o enviar información.
 - Pérdidas por personas: personal no calificado o mal uso de personal calificado (oficiales especializados haciendo limpieza o transporte).
 - Pérdidas por papeleo, procedimientos engorrosos de obtención de materiales de depósito.

El enfoque en la productividad de la "Construcción sin Pérdidas" propone nuevas herramientas de diagnóstico, medición y mejoramiento para este propósito. Encuestas de detección a los capataces, métodos de muestreo del trabajo, registros de procesos y otras herramientas han sido desarrolladas para permitir la toma de decisiones para el mejoramiento de la productividad en la construcción. El principal objetivo de estas herramientas es analizar las actividades que agregan valor al proyecto y aquellas que no lo hacen, detectando pérdidas, causas de demoras ó interrupciones y mejorando la gestión de recursos, la coordinación y la planificación en la construcción.

2 Aplicación del método

La técnica del Muestreo del Trabajo es un método de medición del nivel de actividad de un proyecto u obra. El objetivo general es la determinación estadística de la forma en que el tiempo de trabajo está siendo utilizado por el personal y los equipos. [2], [3]

Conociendo cómo es utilizado el tiempo de estos recursos, aparecerán los problemas que afectan la productividad, los que al ser eliminados, permitirán reducir los costos asociados.

Algunas características que definen particularmente a esta herramienta, son:

- Es una medición para el análisis cuantitativo en términos de tiempo de las actividades de los recursos.
- Se aplica principalmente a la mano de obra y/o equipos.
- Las observaciones de muestreo deben ser hechas en forma aleatoria.
- Se deben establecer categorías predeterminadas de actividades en las cuales clasificar las observaciones de los recursos.
- Los resultados permiten realizar una inferencia estadística de las actividades de los recursos.

Esta metodología de medición fue aplicada a una obra civil de nuestro medio, fijando para esto el objetivo de las mediciones, las categorías y la población muestral, realizando el relevamiento de todas las tareas e incluyendo a todos los trabajadores presentes, para obtener información general de la utilización del tiempo en obra.

Las principales categorías y tareas relevadas y analizadas fueron:

- Trabajo Productivo:
 - Colocación de armaduras
 - Hormigonado
 - Encofrado
 - Excavaciones
 - Ejecución de mamposterías
- Trabajo Contributorio
 - Transporte de algún elemento.
 - Recepción/entrega de instrucciones.
 - Medición, lectura de planos.
 - Limpieza
 - Otros
- Trabajo No Contributorio
 - Ocio.
 - Esperas
 - Reprocesos
 - Viajes, traslado de un lugar a otro.
 - Descanso.
 - Necesidades fisiológicas

Se acostumbra a usar dos métodos para la observación, toma de datos y posterior registro de las actividades de los recursos en estudio:

- Recorrido de la obra o de los sectores que se desea muestrear.
- Observación desde una posición determinada, fija.

El método del recorrido es más apropiado para obras de gran extensión, que no son posibles de abarcar en su totalidad desde una sola posición. El segundo método es el

que generalmente se utiliza cuando se analiza una operación o un conjunto limitado de ellas, o un área específica de una obra.

En ambos casos, la idea es que en instantes predeterminados aleatoriamente, el observador registre las actividades de la mano de obra y/o equipos que tiene a la vista. Es importante que al registrar lo observado, el responsable de la medición lo haga de acuerdo a lo que aprecia en forma instantánea al mirar. Las actividades o acciones inmediatamente precedentes o siguientes deben ser descartadas totalmente del registro.

La frecuencia de observación debe estar de acuerdo con los objetivos del estudio que se realiza. Cabe destacar que por razones estadísticas se recomienda que se realicen no menos de 384 observaciones, ya que de esta forma se obtiene una confiabilidad de 95% y un error no mayor de +/- 5%.

En particular para esta obra y dada las características de la misma, se optó por tomar mediciones desde un punto fijo a intervalos regulares, ya que así se podía realizar un relevamiento completo del plantel de operarios. Se realizaron mediciones diarias durante dos semanas y en dos etapas diferentes de la obra, tomando como intervalo de medición cinco minutos.

Para el muestreo del trabajo en obra se utilizó una planilla como la indicada en la Figura N° 1.

MUESTREO DE TRABAJO																					
Obra:	Edif. de gran embergadura - Zona centrica			Universidad Nacional de Cuyo Facultad de Ingeniería Proyecto de Investigación																	
Día:	Martes																				
Fecha:	10/03/2009																				
OBSERVACIONES MÍNIMAS A REALIZAR: 384																					
Nº	Hora	Nº de obs	P	A ⁺ Hierro	H ⁺ Tabique	Grua	Excavación	Encofrado T ⁺	TRANSPORTE	INSTRUCCIONES	MEDICIÓN	LIMPIEZA	OTROS	ESPERAS	Ocio	VIAJES	DESCANSO	NEC. FISIOLÓGICAS	REFRESCOS	OBSEVACIONES	
1									CONTRIBUTORIO	NC	NO CONTRIBUTORIO										
2																					
3																					
4																					
5																					
6																					
7																					
8																					
9																					
10																					
11																					
12																					
13																					
Total																					

Figura N° 1: Planilla para el registro y clasificación del trabajo

3 Análisis de los resultados

Se muestran a continuación los resultados obtenidos del muestreo del trabajo TP, TC y TNC. La medición se realizó íntegramente en dos etapas diferentes de la obra, dando como resultado:

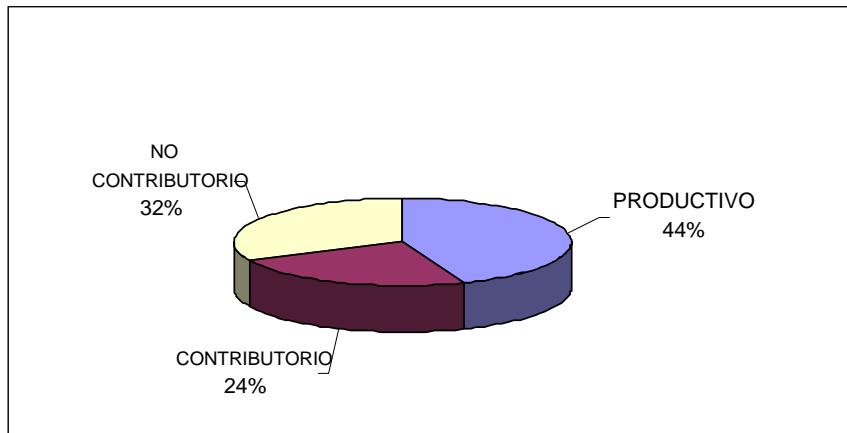


Figura N° 2: Distribución del trabajo, primera etapa.

Se realizó también un análisis del trabajo por día de semana, para visualizar los diferentes rendimientos (primera etapa).

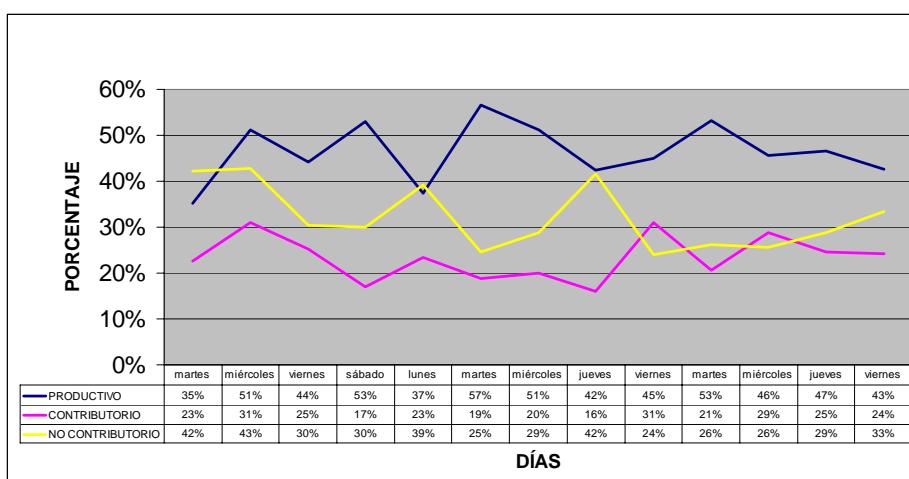


Figura N° 3: Muestreo del trabajo por día, primera etapa.

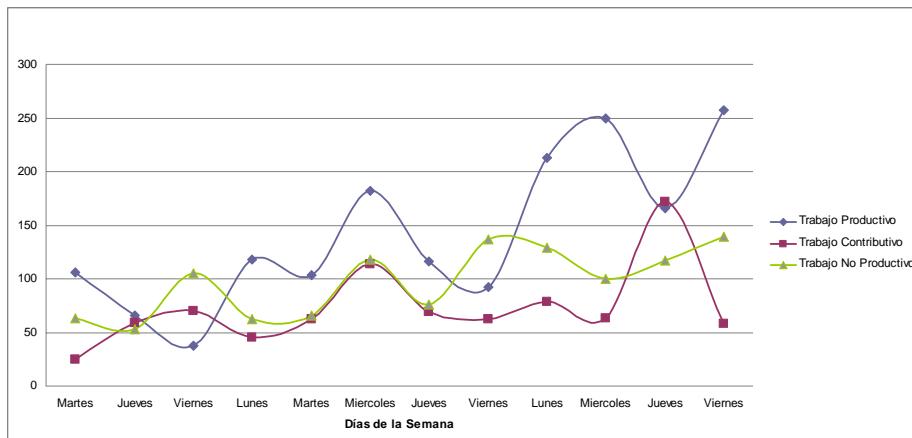


Figura N° 4: Muestreo del trabajo por día, segunda etapa

Se realizó finalmente un promedio general de los resultado del trabajo productivo, contributorio y no contributorio, medido en las dos etapas de la obra, dando como resultado general lo indicado en la Figura N° 5.

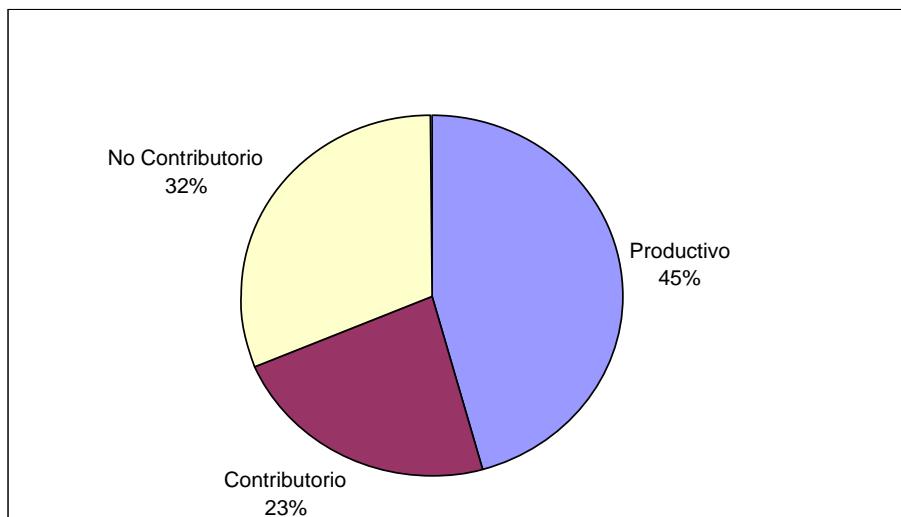


Figura N° 5: Promedio general del muestreo del trabajo.

3.1 Observaciones importantes respecto al muestreo del trabajo

En relación al subítem “Transporte”, correspondiente a “Trabajo Contributorio”, según se indica en la Figura N° 6, cabe aclarar que se han considerado todas aquellas tareas realizadas por los operarios que tenían como objetivo trasladar materiales e instrumentos de trabajo desde un sector de la obra, hacia otro.

Difiere del subítem “Viajes”, correspondiente a “Trabajo No Contributorio”, (Figura N° 7) en que en este último, se observaban a los operarios desplazándose por el interior de la obra sin transportar ninguna herramienta o material en sus manos (ejemplos: viajes al baño, para encontrarse con capataz, para hablar con otro operario, etc.).

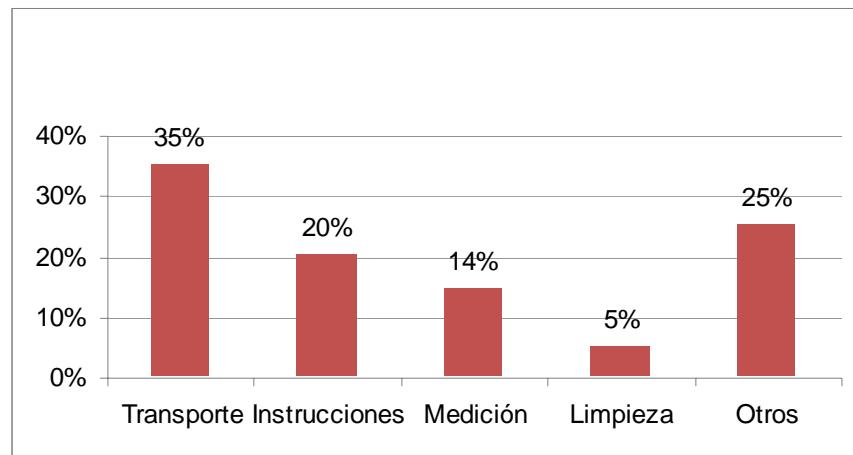


Figura N° 6: Clasificación del TC.

En la obra en estudio y por la etapa en la que ésta se encontraba, se ha definido como “Transporte” al traslado de hierro desde el lugar de descarga (calle) hasta el lugar de acopio (planta baja del edificio), y al traslado de armaduras desde éste último, hasta los distintos sectores de la obra. Se considera adecuada la ubicación de la zona de acopio, ya que equidista de los distintos frentes de obra que se estaban llevando a cabo.

Respecto de la zona de descarga, al tener en cuenta la localidad en donde se encuentra emplazada la obra (zona céntrica) y la poca disponibilidad de espacio libre en el interior del terreno, era necesario realizar la descarga de materiales en la vereda. Sin embargo, al estar dicho sector fuera del cierre perimetral de obra, no quedando a la vista de la dirección de la misma, se ha observado que la mayor parte de los trabajadores asignados a la descarga y transporte de material desaprovechan su tiempo en la vereda, mientras que solo 2 ó 3 de ellos realizan efectivamente la tarea.

Dentro del subítem “Otros”, correspondiente a “Trabajo Contributorio”, se han considerado básicamente las siguientes tareas observadas durante el relevamiento:

- Sostenimiento de armaduras por parte de un operario, con el objetivo de facilitarle la tarea de armado (atar con alambre las distintas barras) a otro.
- Cortado de algunas maderas para encofrado de elementos estructurales.
- Pasaje de herramientas a aquellos operarios que se encuentran realizando trabajo productivo.
- Asistiendo al compañero que se encontraba excavando un pozo, en espera para recibir el balde con material.
- Conteniendo talud con hormigón para evitar desmoronamiento.
- Desarmando andamios o modificándolos para su reutilización.
- Desapuntalando losas parcialmente.

Respecto al relevamiento del “Trabajo No Contributorio” y en particular al sub ítem “Esperas”, se detectó que la mayor parte del tiempo insumido en ellas se produjo durante los días de hormigonado. Gran parte de los operarios que realizaban esta tarea quedaron literalmente parados a la espera de la llegada de los camiones mixer, que en algunos casos superó los 40min. También se produjo este inconveniente al cambiar de una tarea a otra (pasar de hormigonar un tabique a otro, a una losa, etc.) en la que los obreros deben esperar a que acomoden nuevamente las cañerías de bombeo, terminar de ajustar encofrados, etc.

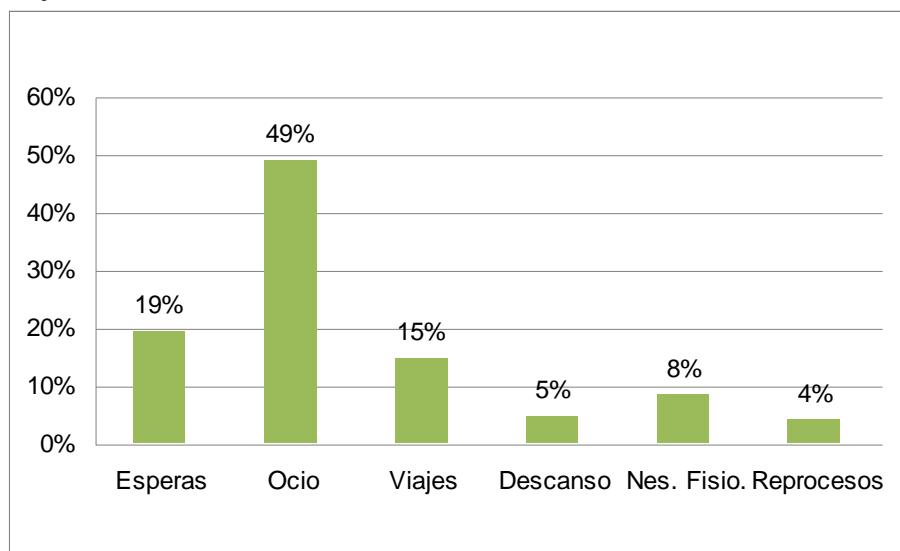


Figura N° 7: Clasificación del TNC

Otra de las causas de espera detectada es el tiempo insumido al momento de cobro de los operarios, con un tiempo de espera mayor a 30min, ya que la capacidad para poder atenderlos era muy limitada.

Dentro del sub ítem “Ocio”, correspondiente a “Trabajo No Contributorio”, se han considerado las siguientes acciones:

- Fumar cigarrillos.
- Uso de celulares.
- Dialogar entre operarios sobre temas sin importancia, y durante tiempos prolongados.
- Escuchar la radio, dejando de hacer la tarea que se encontraba llevando a cabo, y dispersando la atención del resto de los operarios.
- “Observar” el trabajo que se encuentra realizando uno de sus pares.
- Prestar atención en forma continua a las personas que transitan por la vereda.

Respecto del sub ítem “Necesidades Fisiológicas” correspondiente también al “Trabajo No Contributorio”, cabe aclarar que se ha considerado no sólo la permanencia de los operarios en el interior del baño, sino también las detenciones que los mismos hacían para abastecerse y tomar líquido. En relación a esto último, se

observó la excesiva cantidad de veces que los trabajadores abandonan su labor, para ir a comprar bebidas frente a la obra.

3.2 Propuestas de mejoras

En función de las actividades relevadas como resultado del muestreo del trabajo, tanto contributorias como no contributorias, se proponen medidas para minimizar los efectos de las pérdidas en obra, disminuir los trabajos no productivos y las detenciones.

- Formalizar una mejor coordinación con los proveedores de materiales, lo que podría reducir notablemente los tiempos improductivos, exigiendo a estos cumplir con el horario de entrega pactado.
- Planificar en forma realista las tareas
- Elaborar por parte de la dirección de obra un “Inventario de Trabajos Ejecutables”, que contenga todas aquellas tareas libres de restricciones, que se puedan realizar en caso de demoras en la entrega de material.
- Durante los días de pago realizar un control y llamado individual a los operarios, o implementar esta tarea fuera de los horarios de trabajo regulares.
- Evaluar la posibilidad de abastecer de líquido por medio de bebederos o dispensar a los operarios dentro de la obra, sin necesidad de tener que salir de la misma.
- Implementar cuadrillas de apoyo para evitar el transporte excesivo de herramientas y materiales dentro de la obra.
- Definir sectores específicos para acopio de materiales cercano a los lugares de trabajo.
- Implementar contenedores de basura o escombros en cada sector o nivel de trabajo para concentrar las actividades de limpieza.
- Revisar o rediseñar la metodología de trabajo implementada para ciertas tareas críticas.
- Mejorar el control sobre aquellas tareas definidas como críticas.
- Estandarizar cuadrillas tipo de trabajo.
- Premiar la productividad.
- Plantear “tareas” a ejecutar y terminar por día o semana.
- Dar trabajos “al tanto”

4 Conclusiones

La técnica del Muestreo del Trabajo y de la determinación del trabajo productivo y no productivo, es un método de medición del nivel de actividad de un proyecto u obra. El objetivo general es la determinación estadística de la forma en que el tiempo de trabajo está siendo utilizado por el personal y los equipos.

Conociendo cómo se gestionan la mano de obra y el uso de los recursos, aparecerán los problemas que afectan la productividad, los que al ser eliminados, permitirán reducir los costos asociados a la mano de obra y a los equipos. Pero lo fundamental al realizar estos estudios es determinar y medir las principales causas que

afectan la productividad de las obras civiles, analizando sus efectos y atacándolas, proponiendo acciones concretas para disminuirlas.

Las acciones desarrolladas en este ámbito a nivel internacional han demostrado ser de una alta efectividad para lograr aumentos significativos en la productividad de los proyectos.

En particular para esta obra, se determinó que el trabajo productivo representa un 45% del tiempo total insumido para las tareas de obra, menor al recomendado como bueno o aceptable, del orden del 60%. En cuanto al trabajo contributorio se obtuvo un valor promedio del 23% muy cercano a los estándares internacionales (25%), pero respecto al trabajo no contributorio se obtuvo un promedio del 32%, valores mayores que el recomendado de 15%.

Para que estos sistemas de mejoramiento de la productividad sean efectivos, se debe poner énfasis en:

- Comprometer fuertemente tanto a la gerencia de la empresa como a subcontratistas, hacia la utilización e implantación de otras herramientas de “Lean Construction”, promoviendo activamente incentivos que motiven su utilización.
- Seleccionar subcontratistas por su habilidad y disponibilidad para participar en el sistema de control de producción y aprender de éstos (Contratistas certificados).
- Del análisis de las causas de no cumplimiento depende la retroalimentación y el mejoramiento continuo, pues en el análisis de ellas se encuentra la capacidad de no volver a cometer errores.
- Toda oportunidad de aprendizaje de errores no debe ser desperdiciada y debe ser adecuadamente analizada (principio del mejoramiento continuo).

Por último, cabe que destacar es que más allá del grado de implementación alcanzado por un sistema de mejoramiento de la productividad, independientemente de qué sistema sea, lo importante es la inquietud por mejorar presente en el equipo de obra. Aunque los resultados no sean tan buenos como los esperados y la productividad se incremente en un mínimo valor, lo importante es que se intente mejorar. Para lograr implementar un sistema de gestión de obras de manera exitosa se requiere organización, disciplina y, fundamentalmente, voluntad de mejorar.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Proyecto de Investigación “Mejoramiento de los procesos en la industria de la construcción por medio de herramientas modernas de gestión”. Proyectos bienales 2007-2009, SeCTyP. UNCuyo.

Los autores desean agradecer al Ing. Darío Páez, por su apoyo incondicional para el desarrollo de este trabajo.

Referencias

- [1] Serpell Bley, A.: Administración de operaciones de construcción, Alfaguara, México (2002)

- [2] Alarcón Cárdenas, L.: Identificación y reducción de pérdidas en la construcción. Centro de excelencia en gestión de la producción (GEPUC), Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile (2001)
- [3] Botero, L.F., Álvarez, M.: Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la construcción. Revista EAFIT. 130, 66 a 78 (2003)