

Experiencias en el estudio de la productividad en la construcción

Luis F. Alarcón C.

Profesor. Departamento Ingeniería de Construcción. Pontificia Universidad Católica de Chile. Casilla 6177, Santiago, Chile.

Luis Felipe Martínez C.

Ingeniero Investigador. Departamento Ingeniería de Construcción. Pontificia Universidad Católica de Chile. Casilla 6177, Santiago, Chile.

José Miguel Santana V.

Ingeniero Investigador. Departamento Ingeniería de Construcción. Pontificia Universidad Católica de Chile. Casilla 6177, Santiago, Chile.

RESUMEN: se destaca el potencial de mejoramiento de la productividad de la construcción, los factores que le afectan y el impacto en la economía nacional que significaría el logro de mejoras a nivel global. Se describe un programa de investigación aplicada en productividad que consta de cinco áreas de desarrollo: programas de mejoramiento de productividad en obras de construcción, desarrollos de software para análisis de operaciones, estudio motivacional de trabajadores de la construcción, desarrollo de aplicaciones de videos interactivos, y desarrollo de aplicaciones de sistemas expertos. Se describen los alcances de cada una de las áreas, se ejemplifican algunas aplicaciones y se discute su desarrollo futuro. Junto con lo anterior, se presentan las experiencias prácticas en la utilización de algunas de las técnicas estudiadas, especialmente muestreo del trabajo y encuestas de detención.

I. INTRODUCCION

La construcción es una actividad que, especialmente en nuestro país, presenta un gran potencial para el logro de mejoras en la eficiencia y la productividad. Gran parte de esta actividad se desarrolla en forma sumamente artesanal, los cambios tecnológicos tardan mucho tiempo en beneficiar los trabajos que se realizan en la construcción. En general, no existe una clara conciencia de la necesidad de optimizar el uso de los recursos, existiendo una gran resistencia a los cambios, especialmente en lo que se refiere al trabajo realizado en terreno.

Los profesionales de la construcción, una vez formados e integrados al mundo laboral, tienden a enfatizar otros aspectos de su actividad profesional, especialmente aquellos de carácter más administrativo y, en general, descuidan la organización de los trabajos y métodos de construcción. Esto último, generalmente queda en manos de los prácticos de la construcción, capataces y jefes de obra, que aunque muy experimentados no siempre cuentan con la capacitación necesaria en productividad, para realizar una optimización de los procesos productivos, y generalmente se tiende a continuar con métodos y usos tradicionales, con muy poco lugar a la innovación.

Las actividades que se describen más adelante forman parte de una investigación en productividad, que se realiza en un esfuerzo conjunto del Departamento de Investigaciones

Científicas y Tecnológicas de la Escuela de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile, DICTUC, y la Corporación de Capacitación de la Construcción, con el fin de optimizar la producción en operaciones de construcción, en cuanto a costo, calidad y plazos de ejecución. Los objetivos de este estudio son adaptar y desarrollar herramientas de mejoramiento de productividad, poniendo en marcha un Programa de Mejoramiento de Productividad en obras de construcción, desarrollando nuevas herramientas, métodos y equipos que faciliten el análisis y la solución de los problemas. Al mismo tiempo, se pretende estudiar ciertos procesos, de gran impacto en la construcción, con el fin de estandarizarlos y mejorar la tecnología en uso. El desarrollo de la investigación se está realizando en obras reales, trabajando en conjunto con las empresas, lo que permite una transferencia directa de los beneficios de la investigación a la industria de la construcción y al fortalecimiento de vínculos Universidad - Empresas. Adicionalmente, con el fin de lograr una extensión masiva de los resultados de la investigación, se encuentra en elaboración un programa estructurado de difusión, el que está siendo complementado con un programa de capacitación del personal de las empresas del sector construcción.

En forma paralela a la labor de investigación se decidió incorporar, a través de DICTUC, un nuevo servicio destinado especialmente a las empresas constructoras. Este consiste en la realización de una serie de análisis destinados a aumentar la productividad de las obras de construcción, que asegure un ahorro en la mano de obra.

Las técnicas que se utilizan en la labor de servicio externo, fueron desarrolladas dentro del contexto de la investigación. Así mismo existe un conjunto de técnicas que están en proceso de desarrollo, y en un futuro próximo formarán parte de las aplicaciones prácticas.

II. AREAS DE INVESTIGACION

Para el cumplimiento de los objetivos antes señalados se está llevando a cabo un programa de investigación que incluye varias áreas de desarrollo:

- 1) Programas de Mejoramiento de la Productividad (PMP).
- 2) Estudio Motivacional de los Trabajadores.
- 3) Análisis de Operaciones y Estudio de Métodos.
- 4) Uso de Videos Interactivos para el Análisis de Operaciones.
- 5) Desarrollo de Aplicaciones de Sistemas Expertos.

A continuación se describe cada una de las áreas de desarrollo y se ilustra algunas de las posibles aplicaciones.

2.1 Programas de Mejoramiento de la Productividad

2.1.1. Descripción General

Los factores que pueden afectar la productividad son muchos, y actuar sobre todos ellos es casi imposible, más todavía si esto se realiza en forma no sistemática. Esta fue una de las razones que impulsó a ingenieros estadounidenses, a fines de la década del setenta, a integrar una serie de herramientas para el aumento de la productividad, que se utilizaban en forma independiente, en un solo programa coherente, creando los Programas de Mejoramiento de la Productividad (PMP). Un Programa de Mejoramiento de la Productividad (PMP), es un programa estructurado, que facilita el aumento de la productividad de un proyecto mediante: un mejoramiento de los sistemas de información y retroalimentación, un mejoramiento en los sistemas de suministro de recursos y un mejoramiento en los métodos de construcción (1).

Para desarrollar estos Programas de Mejoramiento de la Productividad, es necesario diseñar una serie de actividades y procedimientos. A continuación se presenta, a modo de ejemplo, algunas de éstas, clasificadas de acuerdo al área de acción de la actividad o procedimiento. Para la selección de las actividades se consideró tanto la experiencia práctica, como el resultado de una serie de mesas redondas con profesionales de la construcción y gerentes de empresas constructoras (1,2 y 3).

1. Actividades motivacionales: programas de reconocimiento, programas de orientación, sistemas de incentivos.
2. Actividades de capacitación: capacitación de los obreros, capacitación de la supervisión.
3. Programas de personal: nueva orientación en las políticas de contratación de la empresa, eliminación de elementos desmotivantes, sistema disciplinario.
4. Mejoramiento de métodos de trabajo: análisis de los métodos utilizados por las cuadrillas mediante el uso de: cartas de balance de la cuadrilla, cartas de proceso, diagramas de flujo, muestreos del trabajo a nivel de la cuadrilla y simulación computacional de los métodos de trabajo.
5. Reducción de esperas: análisis del sistema de aprovisionamiento y distribución de los recursos.
6. Evaluación y retroalimentación: encuestas de detención a los capataces, cuestionarios a los capataces y a los obreros, muestreos del trabajo.
7. Compromiso gerencial: sistemas de comunicación, reuniones periódicas.

2.1.2. Relación de los PMP con las otras áreas

Dentro del Programa de Investigaciones en Productividad, la realización de PMP en obras específicas constituye el nexo permanente de contacto con la realidad profesional y un excelente puente de traspaso directo de conocimientos y tecnología a los profesionales del medio, lo que permite un enriquecimiento mutuo de profesionales de la práctica e investigadores.

Además del beneficio directo logrado a través de aumentos de la productividad en las obras objeto de estudio, durante el desarrollo de los PMP es posible probar en la práctica los desarrollos de las otras áreas de la investigación, perfeccionarlos y modificarlos en caso que sea necesario. Al mismo tiempo, es posible detectar las necesidades existentes y proponer soluciones de real utilidad. La experiencia e información recogida durante la realización de los estudios permite acumular una valiosa información acerca de métodos, rendimientos, productividad de diversas operaciones, etc. , la que está siendo almacenada en bases de datos con información estadística y de video, que podrá ser utilizada en estudios futuros.

En general, las distintas áreas de investigación mostradas en la Figura N° 1 están destinadas al desarrollo de herramientas que faciliten el estudio y solución de problemas de productividad, aplicables a un PMP. En algunos casos se pretende incorporar desarrollos tecnológicos recientes al análisis y al estudio de problemas de productividad, y en otras, se pretende además obtener información útil y válida para un análisis global de los problemas. Sin perjuicio de lo anterior, cada una de las áreas de investigación, por si sola, es sumamente amplia y su potencial de aplicaciones escapa al campo específico de los estudios de productividad, razón por la cual no es posible considerarlas como un subconjunto de los PMP.

2.2 Estudio Motivacional de los Trabajadores de la Construcción

La consideración del factor humano es muy importante para un tratamiento integral de los problemas de productividad, por este motivo se contempla la realización de una investigación que permita conocer los factores que condicionan la motivación de los trabajadores chilenos, junto con desarrollar una serie de actividades que generen importantes mejoras en la motivación de los obreros. Para esto se realizó un estudio que permitió detectar el grado de satisfacción que manifiestan los trabajadores de la construcción, hacia diversos aspectos que están presentes en la situación de trabajo. La información obtenida en este estudio sirve de base para un segundo estudio, que tiene como objetivo principal desarrollar una metodología que permita determinar el perfil motivacional de una obra, compararlo con un perfil óptimo y en base a esto, sugerir una serie de actividades con el fin de acercar el perfil real al perfil óptimo.

La difusión de los resultados del estudio y sus recomendaciones permitirá a los supervisores mejorar la relación con sus trabajadores, escoger incentivos más adecuados, y en general, mejorar la productividad a través de una mayor motivación de los trabajadores. Adicionalmente, la información recogida podría contribuir a reconocer y solucionar una serie de problemas sociales, que condicionan el sentir y actuar de los trabajadores, como individuos.

2.3 Análisis de Operaciones y Estudios de Métodos

El análisis de operaciones y estudio de métodos consiste en la aplicación de técnicas que permiten el estudio sistemático de la manera en que se realizan los trabajos, analizando distintas opciones y evaluando la eficiencia de cada una. Tradicionalmente se han empleado una serie de técnicas, tales como: estudios tiempo-movimiento, muestreo del trabajo, técnicas de observación y análisis, etc. En general, el uso de estas técnicas no se ha difundido en nuestro país y su utilización presenta algunas dificultades, debido a la escasez de expertos y a lo lento que resulta la recolección de la información a su procesamiento o análisis posterior ya que esto se hace en forma manual. Sin embargo, la capacitación y difusión del uso permitirían lograr mejoras considerables en los métodos y en el uso de los recursos, como lo han demostrado estudios realizados a ciertas actividades en obras actualmente en construcción (hormigonado de elementos, diversos tipos y técnicas de moldajes, etc)

Los recientes avances de la computación y la electrónica han puesto al alcance de los usuarios una serie de equipos, gran potencial y bajo costo relativo. Los desarrollos en análisis de operaciones y estudio de métodos están destinados a la incorporación de esta tecnología moderna, por medio de desarrollo de software de microcomputadores para aplicaciones específicas que faciliten el uso de los métodos tradicionales, aumentando la precisión, la rapidez y la facilidad de uso. También se pretende promover la incorporación de nuevas técnicas para la adquisición de datos de terreno y para su análisis posterior. En esta línea está la utilización de simulación computacional de operaciones de construcción para la optimización de estos procesos.

La construcción de modelos matemáticos de las operaciones y la utilización de programas computacionales de simulación permite simular las operaciones una y otra vez. Se puede entonces introducir cambios en las secuencias, cantidades de recursos y distintas variables del modelo hasta lograr la combinación óptima para la operación en estudio. Los datos pueden provenir de observaciones reales, en cuyo caso los resultados permitirán mejorar la eficiencia de la operación en curso, o bien, pueden ser datos históricos y los resultados servir para decidir la mejor forma de realizar una operación con anterioridad a su inicio. Además, a partir de la información obtenida es posible precisar las estimaciones de costos, rendimientos y duraciones de las actividades, para la elaboración de presupuestos y programas de trabajo (4).

2.4 Utilización de Videos Interactivos para el Análisis de Operaciones

La interconexión de un equipo de video a un microcomputador, por medio de una interface, permite manejar los controles del videograbador a través del teclado del microcomputador.

Mediante el uso de software creado especialmente con estos fines, es posible realizar varios procesos en forma automática, por ejemplo: búsqueda de imágenes o cuadros de la filmación que contengan información clasificada, o bien, grabación de señales de tiempo en la cinta de video que pueden ser reconocidos por el computador para identificar imágenes o situaciones escogidas de la filmación, para su uso posterior.

Las aplicaciones de esta tecnología al análisis de operaciones se pueden ilustrar a través de algunos ejemplos. La posibilidad de marcar señales de tiempo en la cinta de video permite identificar el inicio y el fin de una cierta actividad y por lo tanto, el cálculo computacional de su duración. La información de duraciones de las diversas partes de una operación puede ser traspasada directamente desde el video al microcomputador y procesada estadísticamente para dejarla apta para alimentar algún modelo de análisis, como por ejemplo, un modelo de simulación computacional. En este caso la información recolectada para cada tarea que conforma la operación es un histograma de frecuencia de duraciones, para N observaciones, el cual se debe ajustar una distribución probabilística que permita su uso posterior. De esta manera se automatiza la adquisición de la información, se aumenta su precisión y se simplifica el procesamiento necesario para su uso en la simulación de la operación.

Las capacidades de búsqueda de información podrían utilizarse, por ejemplo, para seleccionar imágenes aleatorias, en forma automática, para la realización de un muestreo del trabajo, en una fracción del tiempo que demandaría el procedimiento tradicional. También podría requerirse observar en forma selectiva, una determinada parte de la operación, por ejemplo, si la operación en estudio es el hormigonado de las losas, y se desea analizar sólo el transporte del hormigón, el microcomputador podría seleccionar secuencias de transporte y mostrarlas en forma continuada a través del video para el análisis de un experto. Junto a las imágenes, se mostraría en la pantalla del computador información estadística proveniente del análisis de tiempos y del muestreo aleatorio. Además, podrían utilizarse las capacidades gráficas del computador para generar en forma automática "cartas de actividades múltiples" o "cartas de equilibrio de la cuadrilla", herramientas tradicionales de análisis de operaciones y de gran utilidad práctica.

Entre las principales ventajas de las aplicaciones mencionadas anteriormente se pueden destacar las siguientes: las filmaciones y su procesamiento posterior son realizadas por personal técnico, entrenado para la labor específica, lo que permite que profesionales expertos tengan acceso en muy corto tiempo a una gran cantidad de información elegida en forma

selectiva. De esta manera utilizar en forma económica y efectiva, personal profesional de alto nivel para solucionar problemas que actualmente resultan poco rentable analizar, al menos a simple vista, para estos profesionales. La incorporación de la información gráfica y de video, combinada con información cuantitativa, permite una visión más completa de los problemas, pudiendo investigarse las causas que no siempre resultan evidentes de una información puramente cuantitativa.

Los desarrollos en esta área se realizan en forma conjunta por los Departamentos de Ingeniería de Construcción y de Ingeniería de Computación, lo que ha permitido extender las aplicaciones de esta tecnología a múltiples otros campos de aplicación. Una aplicación inmediata, es la docencia y capacitación, ya que a través del video pueden preprogramarse distintas secuencias de filmación, para apoyar la labor de un instructor, o bien preparar una sesión completamente interactiva, en que el alumno frente al microcomputador se transforma en su propio instructor. Para esto último resulta más adecuado la utilización de videodisco óptico, que cuenta con gran capacidad de almacenamiento y es de rápido acceso a la información en comparación con la cinta de video. Sin embargo, la tecnología para grabar estos videodiscos ópticos no está disponible a nivel doméstico, por el momento, lo que dificulta su utilización en las aplicaciones descritas con anterioridad. Los adelantos futuros deberían superar estas dificultades y mejorar así el carácter interactivo y las posibilidades de aplicación (4 y 5).

2.5 Desarrollo de Aplicaciones de Sistemas Expertos

Los avances en el campo de la inteligencia artificial, particularmente en Sistemas Expertos, han encontrado un campo fértil para sus aplicaciones en la Ingeniería. En la Ingeniería de Construcción, la incorporación de estos desarrollos resulta particularmente notorio, siendo ésta una actividad con características muy tradicionales y de lenta adaptación a los cambios tecnológicos. Es tal vez, por sus particulares características: gran incertidumbre, celeridad de las decisiones y la inexistencia de soluciones exactas a los problemas, que resulta muy adecuado el apoyo de Sistemas Expertos en la toma de decisiones.

Un Sistema Experto es un programa computacional que consta de tres componentes: una "base de conocimientos", en la que se almacena una gran cantidad de información; una "máquina de inferencias", que contiene los procedimientos o métodos que utilizan los expertos humanos para tomar decisiones en base a la información contenida en la base de conocimientos; y una "interfaz con el usuario", que le permita a éste utilizar en forma eficiente el sistema. Los conocimientos y la metodología de resolución de los problemas han sido traspasados por expertos humanos en la materia. El sistema tiene la capacidad de procesar esta información a requerimiento del usuario respondiendo preguntas y dando recomendaciones para solucionar un determinado problema.

Los Sistemas Expertos deben ser capaces de justificar sus recomendaciones, las que pueden basarse en información que no es totalmente precisa. Además, un sistema experto debe ser capaz de inferir información que no se encuentre explícitamente almacenada y evolucionar en el tiempo

a través de la experiencia acumulada en su uso. Actualmente en el campo de la construcción, existen desarrollos de sistemas expertos para el control de la planificación de proyectos, elaboración de presupuestos, excavación de túneles, tecnología del hormigón, etc.

En el marco de cooperación establecido entre los Departamentos de Ingeniería de Construcción e Ingeniería de Computación, y gracias al apoyo de la Corporación de Capacitación de la Construcción, se ha emprendido una investigación destinada a desarrollar aplicaciones de Sistemas Expertos a la Productividad de la Construcción. El desarrollo de una investigación en esta área permitirá aprovechar los resultados de investigaciones de ambos departamentos; por una parte este desarrollo constituirá la aplicación de los resultados de una investigación de largo plazo, en el área de sistemas expertos llevada a cabo por el Departamento de Ingeniería de Computación y al mismo tiempo, el desarrollo de la aplicación en Productividad permitirá capitalizar los resultados de la investigación en esta área por el Departamento de Ingeniería de Construcción. La construcción y difusión del software específico de la aplicación se constituirá en un poderoso medio de difusión de conocimientos de productividad y en una herramienta útil para los profesionales de obras de construcción (6).

Se encuentra ya desarrollado un sistema experto en tecnología del hormigón. Este sistema permite diagnosticar la causa o causas probables de un problema de hormigones y entregar una solución apropiada y actualmente se encuentran en desarrollo otros sistemas expertos orientados hacia la administración de las obras.

III. APLICACIONES PRACTICAS

Parte importante de la investigación ha consistido en realizar aplicaciones prácticas de algunas de las técnicas desarrolladas. Dentro de las más importantes se puede mencionar el Sistema de Control de la Productividad y el Análisis de Operaciones de Construcción.

3.1. Sistema de Control de la Productividad

Los sistemas comunes de control de avance, control de costos y control de mano de obra no sirven para detectar problemas de productividad. En general, la información que se obtiene entrega una visión parcial del comportamiento de la productividad. Esto hace necesario la aplicación de otras técnicas y procedimientos, no comunes en la industria de la construcción en Chile, para detectar con mayor rigurosidad y más oportunamente estos problemas. Motivado por lo anterior se desarrolló el Sistema de Control de la Productividad (SCP). Este sistema consiste en la aplicación de algunas técnicas que permiten detectar problemas de eficiencia en el trabajo, como los Muestreos del Trabajo y las Encuestas de Detención.

3.1.1. Muestreo del Trabajo (MDT)

Es una técnica que permite obtener un dato, estadísticamente confiable, del porcentaje de trabajo productivo que existe en la obra.

Los principales aspectos positivos de esta técnica son los siguientes:

- i) Ayuda a conocer la productividad de la obra, y mejorarla.
- ii) Es una manera efectiva de establecer metas para propósitos de administración.
- iii) Permite establecer comparaciones de la productividad respecto a valores promedio o a valores históricos de la empresa.

De acuerdo a la información recopilada se puede decir que el nivel de trabajo productivo alcanza sólo un 38%, índice que se considera bajo, en tanto el nivel de trabajo no productivo (tiempo ocioso) alcanza un 24%, lo que confirma la existencia del problema de baja productividad de la fuerza laboral en la construcción.

Las categorías consideradas en este muestreo son las siguientes:

- a. Trabajo Productivo (TP): se define como aquel trabajo que aporta en forma directa a la producción y por lo tanto es cuantificable (por ejemplo: pintando muros, hormigonando, colocando ladrillos, etc).
- b. Trabajo Contributorio (TC): se define aquel trabajo que debe ser realizado para que ejecutarse el trabajo productivo en términos de apoyo a la producción (por ejemplo: recibiendo instrucciones, leyendo planos, armando andamios, etc.).
- c) Trabajo No Contributorio (TNC): ninguno de los anteriores, son tiempos ociosos y de esperas (por ejemplo: caminando con las manos vacías, fumando, esperando, etc.).

A continuación se menciona las obras en que se ha realizado los muestreos para obtener los valores estándares promedios. Los resultados se presentan de las Figuras N° 2 a la Figura N° 8

- Edificio San Martín de Porres.
- Edificio Instituto Hebreo.
- Edificio Opera.
- Edificio Las Américas.
- Edificio Torre Interamericana.

- Edificio Callao 3200
- Edificio Los Alerces

Como la información de productividad pertenece al conocimiento propio de cada empresa, los resultados expuestos en el anexo de figuras no están ordenados en la misma forma que las obras ya mencionadas, sino que poseen un orden aleatorio.

Con los resultados entregados por el Muestreo del Trabajo, se obtuvo los Promedios Generales en obras de edificación en el Gran Santiago, como se puede apreciar en las Figuras N° 9 y Figura N° 10.

Con estos resultados, se puede hacer una nueva aproximación de los estándares chilenos, asumiendo los siguientes promedios obtenidos:

TRABAJO PRODUCTIVO	= 38%
TRABAJO CONTRIBUTORIO	= 38%
TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	=24%

Un gráfico de los datos anteriores se presenta en la Figura N° 11

Es de interés poder comparar nuestros estándares, en forma cuantitativa, con los de un país más desarrollado industrialmente, en el que además se está aplicando esta herramienta, como lo es E.E.U.U. Los valores típicos norteamericanos son:

TRABAJO PRODUCTIVO	= 32%
TRABAJO CONTRIBUTORIO	= 30%
TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	= 38%

Estos se encuentran graficados en la Figura N° 12

Comentarios al Muestreo del Trabajo.

Se percibe que es prioritario aumentar la información de la base de datos, con el fin de actualizar los estándares chilenos y otorgarles mayor confiabilidad a su aplicación dentro de un rango más variado de obras de construcción.

Se puede observar que las desviaciones del promedio en las categorías de trabajo, alcanzan valores entre 3 a 6 puntos porcentuales, lo que representa una variación del 10% al 20%. Donde se aprecia una mayor dispersión es en la categoría de trabajo no contributorio (TNC), en la que se alcanzan los 5.2 puntos, en tanto que las categorías de trabajo productivo (TP) y trabajo contributorio (TC) muestran una desviación aproximadamente similar y menor que la anterior. Basadas en lo anterior, se aprecia que existen diferencias importantes en el nivel de actividad de distintas obras, lo que marca la diferencia entre una obra de mayor productividad que otra.

Cabe aclarar que la técnica del muestreo del trabajo es estadísticamente válida, y se han tomado medidas para reducir al mínimo el posible sesgo debido tanto al muestreador como al comportamiento del personal y a la información obtenida.

Es interesante que las empresas constructoras se planteen las siguientes interrogantes:

- ¿Qué nivel de actividad poseen mis obras?
- ¿Cómo se distribuyen porcentualmente las categorías de trabajo en mis obras?
- ¿Qué diferencias tienen con los estándares?

Para poder responder a ellas, es imprescindible aplicar esta técnica en las empresas nacionales, lo que por su parte ayudará a obtener nuevos estándares de la productividad de la mano de obra en Chile, y servirá para que las empresas puedan contrastar estos parámetros con su realidad.

Se puede observar que los estándares chilenos resultan más favorables que los norteamericanos. Sin embargo, el nivel de actividad muestra el grado de ocupación y no la calidad y rendimiento del trabajo. Además se debe tener en consideración el hecho que en Norteamérica la tecnología, el nivel de especialización y capacitación de la mano de obra están más desarrollados. Por otro lado se debe mencionar que los obreros norteamericanos trabajan al día, y no como en Chile que se usa el sistema a trato, que incentiva a un mayor nivel de dedicación en el trabajo diario.

Por último, es necesario decir que esta técnica de muestreo general permite medir el nivel de actividad de la mano de obra, el cual será incrementado gracias a la aplicación de otras técnicas, como planes motivacionales en el personal, análisis y control de operaciones, sistemas de control de recursos, capacitación, retroalimentación de los sistemas de planificación, etc.

3.1.2 Encuestas de Detención de los Capataces (EDC)

Las EDC permiten obtener la cantidad de horas perdidas durante el día por las cuadrillas a cargo de cada capataz.

En particular, las EDC presentan las siguientes ventajas:

- i) Provee información casi instantánea, debido a que los datos se obtienen al final de cada día. De esta forma el administrador puede conocer la cantidad de horas perdidas, a quien corresponden y la razón por la cual se perdieron.
- ii) Permiten analizar el proyecto en su totalidad, y no sólo una muestra de la fuerza de trabajo.
- iii) Son fáciles de administrar, dado que se necesitan sólo cinco minutos, al final de cada día, para llenar la encuesta por los capataces.
- iv) Proveen información en ítems específicos de atrasos, como es el suministro de materiales, herramientas, etc.

- v) Proveen un mecanismo de comunicación en ambos sentidos, de administrador a capataz y viceversa.

Una de las principales ventajas que presentan estas dos técnicas, es que su aplicación permite detectar las fuentes de los problemas de productividad, como lo son el exceso de personal, problemas en los métodos de trabajo, ineficiencia en el manejo de materiales y equipos, etc.

Los resultados que entrega el servicio de SCP prestados por DICTUC se presentan en informes semanales, los que permiten tomar decisiones rápidas, como por ejemplo disminución y redistribución de personal, además permiten conocer la evolución de la productividad de la mano de obra.

Un ejemplo de la información obtenida se presenta en la Figura N° 13 y

N°14.

3.2. Análisis de Operaciones de Construcción

El estudio de los métodos de trabajo se puede definir como "el análisis de todos los aspectos de un proyecto o tarea con el objetivo de realizarlo con menos esfuerzo, un menor costo, mayor seguridad y con un rendimiento mayor". Se debe entender que la meta perseguida es aumentar la productividad y disminuir los costos, sin hacer que los obreros trabajen más duro, sino que trabajen en forma más inteligente.

Para cumplir este objetivo se realizan muestreo estándar de operaciones, muestreo de operaciones por tarea y canas de balance de las cuadrillas. Cada análisis demora tres semanas y el informe final consiste en una recomendación para cada cuadrilla, procedimiento de trabajo óptimo y sugerencias para reducir personal, si se dieran las condiciones.

Ejemplos claros de lo anterior son dos estudios que se realizaron a la actividad hormigonado de losas para la construcción de dos edificios de altura. En el primero se logró reducir la cuadrilla de 15 a 9 personas, manteniéndose un ritmo de colocación de hormigón de 60 m³/día. Para el segundo caso se logró reducir de 21 a 15 personas manteniéndose un ritmo de 110 m³/día. Es claro que si se logran reducciones para todas las operaciones relevantes, el efecto de estos estudios sería determinante en el costo y plazo final de la obra.

IV. IMPACTO ECONOMICO DE MEJORAS EN LA PRODUCTIVIDAD

El trabajo del recurso humano, en general, es poco eficiente. Más del 60% del tiempo total de trabajo es destinado a trabajo no productivo (2 y 6). Si se considera que, en promedio, el 25% del total del presupuesto corresponde al rubro mano de obra, la cantidad de recursos que se están desperdiciando corresponden al 15% del presupuesto global de la obra. Si se compara este valor con las utilidades promedio exigidas a los proyectos, del orden de un 5% a un 10%, es claro que es un factor de gran relevancia para el éxito económico de cualquier proyecto de construcción. Sin embargo, aún teniendo en cuenta que no es posible alcanzar una productividad del 100%, se puede lograr mejoras significativas, como lo han demostrado numerosos Programas de Mejoramiento de la Productividad (PMP) llevados a cabo en Estados Unidos, a partir de los setenta, en los cuales se ha observado aumentos de productividad entre un 20% y un 40%, y en las obras chilenas donde se han aplicado los PMP.

Es importante destacar que, en general, las experiencias conocidas arrojan una relación costo/beneficio de alrededor de 1/20, entre el costo de implementar programas de este tipo y los beneficios obtenidos de los mismos (1 y 7).

Si se realiza un análisis similar a nivel de los beneficios que esto significaría para el país, se puede intentar cuantificar el beneficio global de la siguiente manera:

La construcción representa en nuestro país alrededor del 6% del PGB como contribución directa, sin considerar el efecto multiplicador de esta actividad en el resto de la economía. La experiencia en la aplicación de PMP indica que es posible alcanzar mejoras de hasta un 40 % en la productividad de las obras. Si la mano de obra es el 25 % del presupuesto, el máximo ahorro potencial es de un 10% del presupuesto de construcción. A través de un programa general, el impacto global sería del orden del 0,6% del producto geográfico bruto. Considerando el PGB del año 1987, \$3.421.117.000.000, ésto arrojaría un ahorro de \$20.526.000.000 al año, cifra equivalente a 40.000 subsidios habitacionales (6). Lo anterior, a nivel de beneficios directos, pero existen además una serie de beneficios indirectos tales como: ahorros en los costos de financiamiento de los proyectos debido a reducciones en los plazos, mejoras en la competitividad de las empresas nacionales frente a las extranjeras, ahorros en el costo de materiales debido a reducciones en las pérdidas de material, etc.

Mención aparte merece uno de los beneficios tal vez más importantes, la satisfacción que obtiene el obrero al realizar su trabajo. Esto como consecuencia de los programas de personal y programas motivacionales que consideran los PMP. Esta mayor satisfacción no sólo se ve reflejada en un aumento de productividad o en su relación con la administración, sino que también en la actitud del obrero hacia su familia y hacia el resto de la

sociedad. Por lo tanto, los PMP permitirían la solución de algunos problemas sociales para un grupo importante de la fuerza laboral chilena.

Es importante hacer notar que los beneficios de gran parte de los resultados de este estudio pueden hacerse extensivos a otras áreas productivas, especialmente a aquellas que involucren sistemas cíclicos de trabajo, por ejemplo: la gran minería. Es indudable que si esta orientación se pudiera reforzar, los beneficios para todo el país, al optimizar las faenas de extracción de minerales, serían de una magnitud considerable. Similares resultados podrían esperarse de la extensión de estos estudios a la explotación forestal o agrícola.

V. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Se han descrito las distintas áreas de una investigación aplicada en productividad de la construcción y se ha intentado ilustrar la aplicación de algunas de las herramientas, actualmente en aplicación y desarrollo.

Algunos de los desarrollos de la investigación están destinadas a adoptar, modernizar y difundir la aplicación de técnicas tradicionales para el mejoramiento de la productividad en obras chilenas. Para esto se realizan desarrollos computacionales, estudios en terreno destinados a aportar información real, y estudios del comportamiento de los trabajadores.

Por otra parte, se están desarrollando nuevas herramientas que apoyadas en los adelantos tecnológicos de la electrónica y la inteligencia artificial, deberían ser una gran ayuda para los administradores de las obras y profesionales de terreno.

Algunos de los planteamientos y herramientas que se han propuesto pueden parecer una ficción que podría tardar años en alcanzarse. Sin embargo, la tecnología está actualmente disponible y es previsible que en el futuro evolucionará más rápido que nuestra capacidad de adaptación. Tal vez sea ésta última la principal dificultad en la construcción. Debemos estar dispuestos a innovar, a aplicar nuevas técnicas y a incorporar los adelantos que faciliten nuestra labor y la hagan más efectiva. La construcción no puede quedar a la zaga del progreso de otras actividades por temor a los cambios. Sus profesionales y trabajadores son gente capacitada para aprender e innovar, sólo es necesario estar dispuestos a probar nuevos métodos y técnicas de la misma manera como cada vez se emprende una nueva obra.

No hay ninguna filmación que pueda reemplazar la observación directa del ser humano ni ningún Sistema Experto o resultado de un algoritmo que pueda reemplazar un juicio experimentado. Sin embargo, las herramientas señaladas pueden ser de gran ayuda en la toma de decisiones proporcionando antecedentes precisos, en forma ágil y oportuna, detectando problemas que de otra manera pasarían desapercibidos y ampliando significativamente la capacidad de análisis y el campo de acción de los profesionales.

REFERENCIAS

1. Sanvido, V.E., "Productivity Improvement Programs in Construction", The Construction Institute, TR273, Stanford University, March, 1983.
2. Borcharding, J.D., Palmeter, S.B., y Jansma, G.L., "Work Force Management Programs for Increased Productivity and Quality Work", EEI Construction Commitees Spring Meetings, April, 1986.
3. Borcharding, J.D., Tesis de Doctorado, "An Exploratory Study of Attitudes in Building and Industrial Construction", Stanford University, Departament of Civil Engineering, 1972.
4. Oglesby, C., Parker, H. Howell, G., "Productivity Improvement in Construction". Mac raw Hill. 1989.
5. Paulson, C., Chan, W.T., Koo, Ch. C., "Construction Operations".
6. Informe Mensual del Banco Central, Febrero, 1988. Maher, M.L., (Editora), "Expert Sistsems for Civil Engineers: Technology and Aplications", American Society of Civil Engineers (ASCE), 1987.
7. Simulations by Microcomputer", Journal of Construction Engineering and Management. SCE, Vol 113, N° 2, June, 1987.

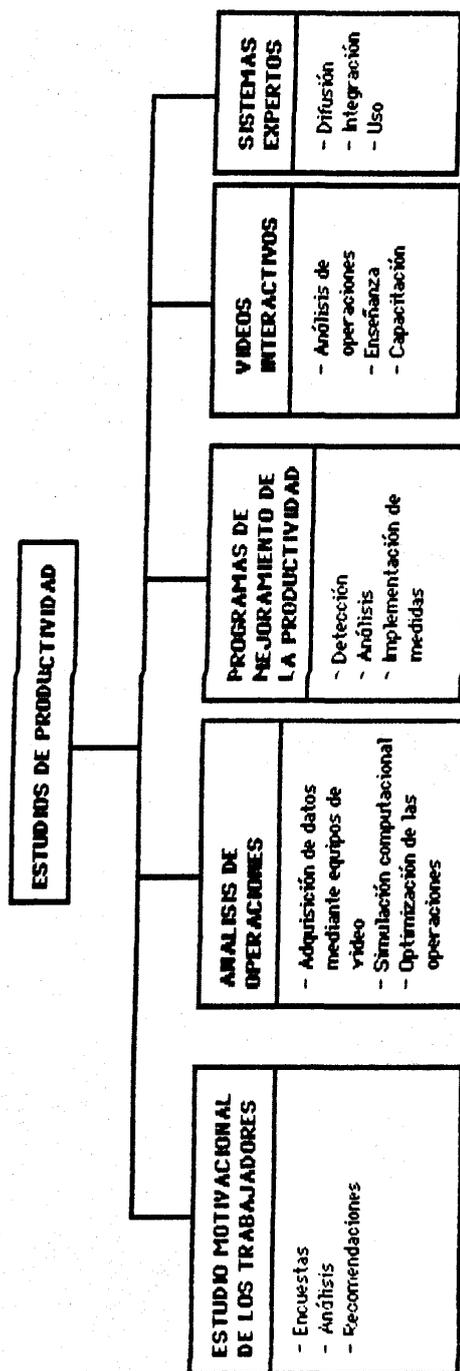


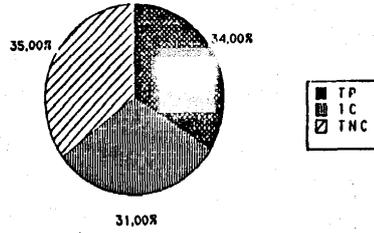
Figura NE1 - Diagrama de las áreas de desarrollo

Figura 1 Diagrama de las áreas de desarrollo

Revista de Ingeniería de Construcción N° 6, Enero - Junio 1989

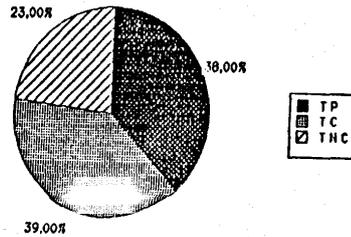
OBRA #1	TP	TC	TNC
PROMEDIO	34	31	35
MAXIMO	43	43	44
MINIMO	27	16	30
DESVIACION	6	10	7

Figura N°2.- Resultados obra #1



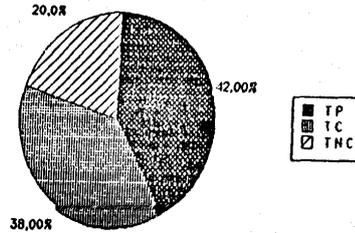
OBRA #2	TP	TC	TNC
PROMEDIO	38	39	23
MAXIMO	40	45	33
MINIMO	37	35	18
DESVIACION	2	4	6

Figura N°3.- Resultados obra #2



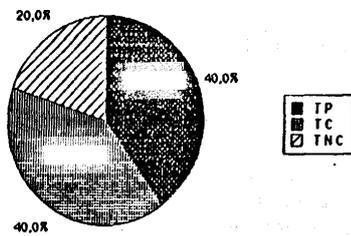
OBRA #3	TP	TC	TNC
PROMEDIO	42	38	20
MAXIMO	45	38	22
MINIMO	40	36	19
DESVIACION	2	1	1

Figura N°4.- Resultados obra #3



OBRA #4	TP	TC	TNC
PROMEDIO	40	40	20
MAXIMO	47	42	23
MINIMO	37	34	18
DESVIACION	5	4	2

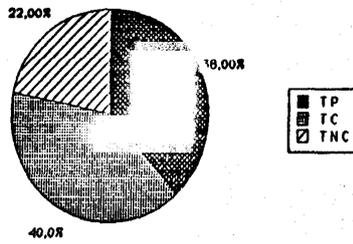
Figura N°5.- Resultados obra #4



Revista de Ingeniería de Construcción N° 6, Enero - Junio 1989

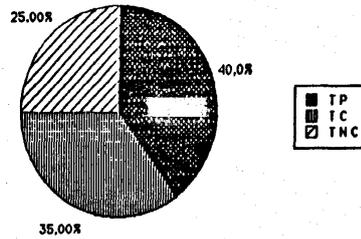
OBRA #5	TP	TC	TNC
PROMEDIO	38	40	22
MAXIMO	45	45	38
MINIMO	29	33	15
DESVIACION	6	6	9

Figura N°6.- Resultados obra #5



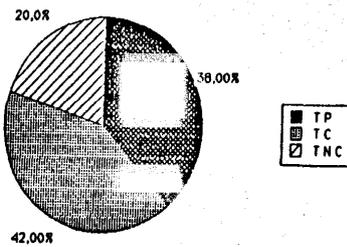
OBRA #6	TP	TC	TNC
PROMEDIO	40	35	25
MAXIMO	46	41	34
MINIMO	38	28	20
DESVIACION	3	5	6

Figura N°7.- Resultados obra #6



OBRA #7	TP	TC	TNC
PROMEDIO	38	42	20
MAXIMO	42	46	22
MINIMO	35	37	17
DESVIACION	3	3	2

Figura N°8.- Resultados obra #7



	TP	TC	TNC
OBRA #1	34	31	35
OBRA #2	38	39	23
OBRA #3	42	38	20
OBRA #4	40	40	20
OBRA #5	36	41	23
OBRA #6	40	35	25
OBRA #7	38	42	20

PROMEDIO	38	38	21
MAXIMO	42	42	35
MINIMO	33	31	20
DESVIACION	3,1	3,9	5,2

Figura N°9.- Promedios Generales

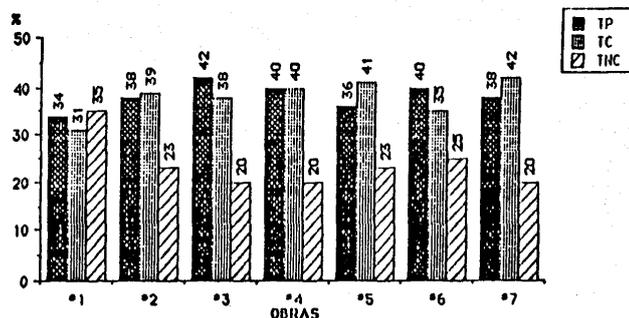


Figura N°10.- Gráfico de barras para los Promedios Generales

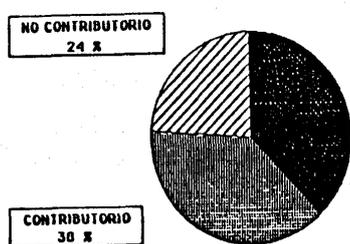


Figura N°11.- Gráfico de los Promedios Nacionales

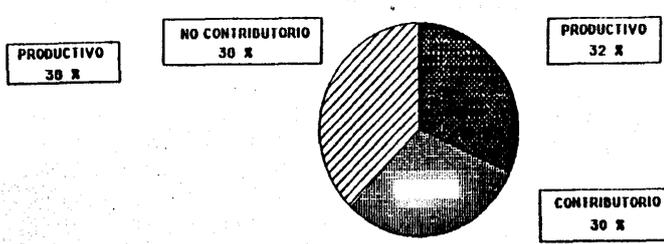
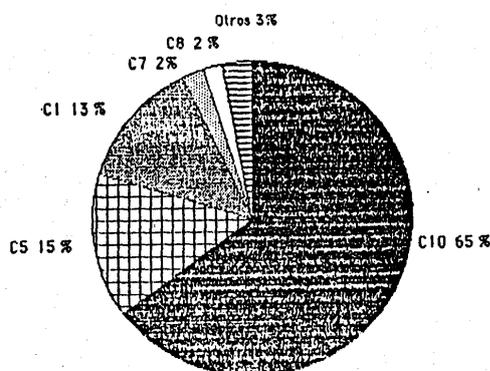


Figura N°12.- Gráfico de los Promedios Norteamericanos

Revista de Ingeniería de Construcción N° 6, Enero - Junio 1989

CATEGORIA	TOTAL DE H-H PERDIDAS	% DEL TOTAL DE H-H PERDIDAS
Esperando por materiales (interno)	8.0	12.97
Esperando por materiales (externo)	0.0	0.00
Esperando por herramientas no disponibles	1.0	1.62
Esperando por equipos	0.0	0.00
Modificaciones/Rehacer trabajo	9.5	15.40
Traslado a otras áreas de trabajo	0.6	1.04
Esperando instrucciones	1.3	2.11
Esperando por grúa	1.3	2.14
Mucha gente en la zona de trabajo	0.0	0.00
Otras causas	40.0	64.83

Figura N° 13.- Ejemplo de los resultados entregados por las Encuestas de Delación.



- C1 - Esperando por materiales (Interno)
- C2 - Esperando por materiales (externo)
- C3 - Esperando por herramientas no disponibles
- C4 - Esperando por equipos
- C5 - Modificaciones/Rehacer trabajo
- C6 - Traslado a otras áreas de trabajo
- C7 - Esperando Instrucciones
- C8 - Esperando por grúa
- C9 - Mucha gente en la zona de trabajo
- C10 - Otras causas

Figura N° 14.- Gráfico de los resultados.