

Lean Data

Aplicación de *Lean Construction* en la toma de datos



Martha Eugenia Álvarez Villa

Ingeniera Industrial, Especialista en Sistemas de Información.
Profesora del área de Métodos Cuantitativos de
la Universidad EAFIT.
ealvarez@eafit.edu.co

Recepción: 17 de julio de 2007 | Aceptación: 10 de octubre de 2007

Resumen

Gescón (Grupo de Investigación en Gestión de la Construcción, Universidad EAFIT) desarrolla actualmente un sistema de información que permite integrar los procesos de producción, calidad, salud ocupacional, seguridad industrial y gestión ambiental con el objetivo de incrementar la productividad del sector de la construcción. Pero el esfuerzo por fusionar estos procesos pierde eficiencia si no se mejoran los métodos de recolección de datos y de manejo de la información.

A la luz de los principios *Lean Construction* (construcción sin pérdidas) derivados de los conceptos *Lean Production*, se evalúan las actividades de recolección de datos durante el control de avance de la construcción, desarrollo crítico que alimenta otros procesos desde la planeación media y semanal, hasta el cierre del proyecto.

Palabras Clave

Construcción sin pérdidas
Proceso crítico
Control de avance de obra
Benchmarking

Lean data: implementation of lean construction principles to data collection

Abstract

The Research Group on Construction Management (GESCON) from Universidad EAFIT, Medellín, Colombia, is currently developing an information system that enables companies to integrate production, quality control, occupational health, industrial safety, and environmental control processes in order to increase the profitability of construction activities. Efforts made to integrate these processes are not efficient if data collection and information management methods are not improved. Following lean construction principles, based on the notion of lean production, data collection activities are assessed during work execution control, a critical process contributing to other processes, from mid and weekly planning to the end of the construction project.

Key words

Lean construction
Critical process
Work execution control
Benchmarking

Introducción



tan importante como determinar el nivel de desempeño de los procesos productivos en el sector de la construcción, lo es establecer el nivel de pérdidas en el de obtención de datos que alimentan con información procesos administrativos tales como planeación, presupuesto, compra de materiales e insumos, consecución de equipos y herramientas, pago a proveedores y contratistas, entrega de información legal, análisis financiero, publicidad y ventas.

En el ámbito latinoamericano, Brasil y Chile son los países que han desarrollado tecnologías más avanzadas para mejorar la productividad en el sector de la construcción. En visitas realizadas por Gescón en los años 2005 y 2006 a través de misiones tecnológicas, se pudo establecer que la mayoría de los constructores siguen esquemas manuales como los seguidos por los colombianos para el manejo de la información, aunque en forma más organizada y sistemática pero no completamente sistematizada. En el 2006, solo un proyecto de los muchos visitados en Chile utilizaba tecnología móvil de comunicaciones para agilizar sus procesos de captura, edición, actualización y recuperación de la información. La construcción

en general, sigue teniendo muchos procesos artesanales que traen ineficiencia y encarecen sus productos, entre los que se encuentra el manejo de la información.

En Colombia, Gescón inició su trayectoria a partir de la evaluación de los consumos de las actividades de la construcción, la determinación de las pérdidas, la implementación de la filosofía *Lean Construction* (Botero, 2004, 50) y el método de planeación *Last Planner* (Botero, 2005, 148). Con posterioridad se creó un sistema de referenciación para las empresas del sector, que se apoya en una página web (Botero, 2006). Ya en el año 2007 se trabajó en la caracterización de un sistema integral de gestión de la construcción. A la par, se están desarrollando las herramientas necesarias para recolectar, procesar y analizar la información relacionada con los proyectos constructivos, mediante un modelo de aplicación de tecnologías móviles de comunicaciones que eviten los formatos impresos, la duplicación o multiplicación de digitación de la información y la demora en los análisis y en la toma de decisiones.

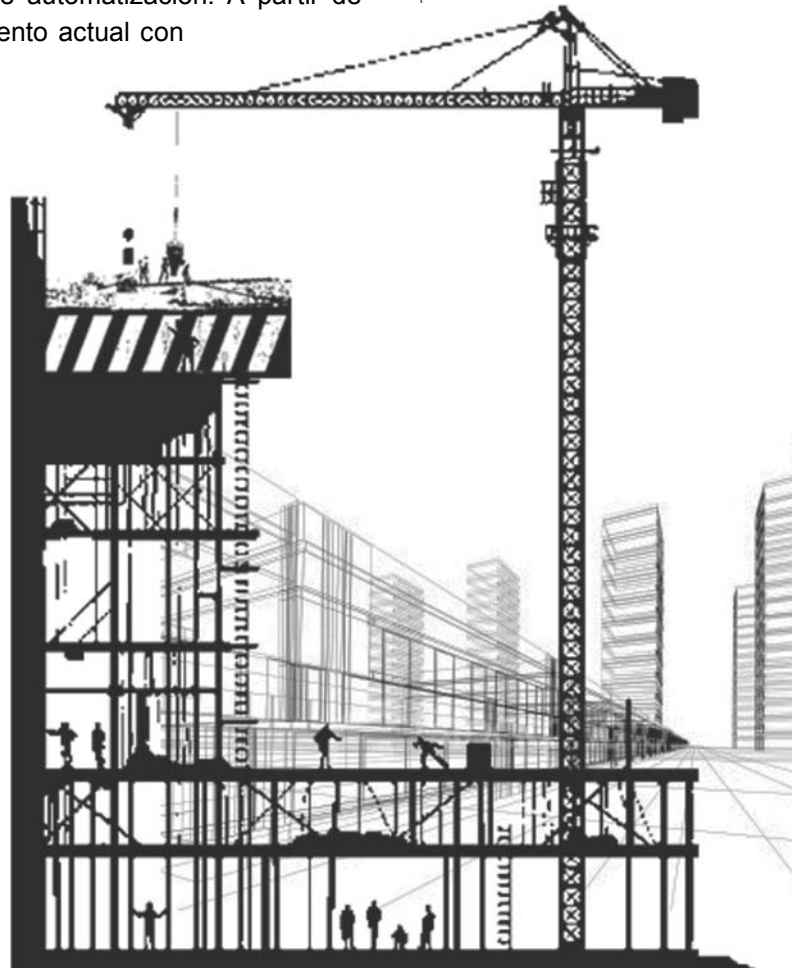
De acuerdo con esto, fue imperativo establecer con las empresas constructoras del sector aquellos procesos críticos de control de la producción

que se deberán mejorar a partir del uso de las tecnologías de información. En consecuencia, se hizo necesario, y se constituyó en un punto de partida de gran importancia, antes del desarrollo de las aplicaciones sistematizadas, realizar el levantamiento de dicha información y la determinación de la línea base de tales procesos que son implementados sin ayuda de automatización. A partir de allí se pudo comparar el comportamiento actual con el correspondiente a la forma futura (la automatización del proceso con tecnologías móviles). El plan de evaluación contempló la visita a las obras, así como entrevistas y encuestas con los profesionales al frente de los proyectos.

En cuanto al establecimiento de la línea base con la cual las empresas del sector trabajan en la actualidad en el manejo de la información sobre su labor productiva, se precisaron los siguientes aspectos:

- Se definieron los procesos y actividades son de mayor importancia y se realizan con mayor frecuencia en su labor productiva.
- Se estableció en cada proyecto la manera como se ejecuta(n) la(s) actividad(es) especificada(s) en el anterior numeral. Ésto mediante una descripción detallada en la cual se entregue información sobre los actores, frecuencia, tiempo invertido, medio de difusión y personas que usan la información obtenida.
- Se especificó en cada proyecto de construcción, de los procesos anteriormente descritos para el manejo de la información, qué tareas son productivas, contributivas y no contributivas y se estimó el tiempo de dedicación a las mismas.

Con base en lo anterior, el presente artículo expone en primera instancia una somera teoría sobre los pasos que se deben tener en cuenta para el desarrollo de un sistema de información (computarizado o no), importantes como criterios de evaluación. Luego presenta los resultados que se extrajeron de las entrevistas y, a través de ellos, se señala la importancia que las empresas deben darle a la optimización de la toma de datos, para obtener un máximo rendimiento, por medio



de adecuación de métodos y tecnología, de tal manera que puedan responder a las exigencias del mercado.

1. Marco Teórico: Manejo de Información

Para que la información contribuya a aumentar la eficiencia en la toma de decisiones, debe cumplir con cinco etapas importantes, según lo formula Tramullas (1997): Solicitud de datos; captura de datos; recuperación y análisis; difusión de la información, y evaluación de la eficiencia de la información.

1.1 Solicitud de datos. En el momento de realizar esta tarea, es indispensable que tanto el solicitante como quien es responsable de la captura de ellos tengan un buen conocimiento sobre:

- Quién o quiénes serán los clientes de estos datos
- Qué objetivo se persigue con su consecución
- Cuál es el nivel de importancia para el proceso que se observa
- Qué nivel de precisión se requiere
- Qué recursos son necesarios para una buena toma de datos
- Cuánto tiempo se demora el proceso de toma de datos;
- Qué grado de obsolescencia tienen esos datos.

1.2 Captura de datos. Igualmente, a la hora de ejecutar este paso, se debe tener en cuenta:

- Qué variables afectan la captura de los datos.
- Cómo controlar las variables de afectación.
- Cuáles fueron los instrumentos de medición para variables cuantitativas o criterios de observación para variables cualitativas que se asignaron.
- Cuándo un dato es atípico y qué hacer con éste.

- De qué medio de almacenamiento de datos se dispone.
- En qué posibles errores se puede incurrir al capturar la información.
- Cómo corregir esos errores.

1.3 Recuperación y análisis. Se hace necesario definir un sistema de conteo del número de veces que se solicita un documento, quién lo hace y fecha o fechas de su utilización. En cuanto al análisis:

- Habrá un único análisis, o cada equipo de trabajo, a partir de los datos que recolecte, realizará el suyo, en cuyo caso es posible que se presente duplicidad del trabajo. ¿Es posible evitar tal duplicidad de procesos y redundancia en las bases de datos y en los repositorios de documentos?
- Debe especificarse quién o quiénes realizarán los análisis y a quiénes serán reportados.
- Se establecerá una periodicidad para estos análisis.
- Debe definirse las herramientas de trabajo que facilitan la realización de la actividad, así como quiénes disponen de ellas.
- Se hará una evaluación en cuanto a las personas de la organización que están capacitadas en el uso de tales herramientas.
- Deberá determinarse cuánto tiempo se gasta en la recuperación de la información.

1.4 Difusión de la información. En este paso se decidirán el medio de difusión de la información, las personas que podrán acceder a ella, el tiempo en que estará disponible y el responsable de realizar las copias de soporte.

1.5 Evaluación de la eficiencia de la información. Para poder juzgar la eficiencia del manejo de la información, hay que constituir un método

de información sistematizado que haga posible establecer el número de consultas a los documentos existentes, por quién o quiénes y cuándo fueron hechas las solicitudes. Así mismo, es necesario clasificar la información de acuerdo con su relevancia, para la evaluación del desempeño de la labor empresarial. IBM desarrolló una herramienta llamada *Rational Performance Tester* (IBM, 2007) que realiza tal evaluación del uso y rendimiento de las aplicaciones que corren en plataforma web, pero es imposible de aplicar en sistemas de información que no hayan sido computarizados.

Como las empresas constructoras carecen de sistemas de información que permitan establecer el número de consultas realizadas a un ítem particular o el número de diferentes personas que efectúan tales consultas en un período de tiempo dado, es muy difícil evaluar la eficiencia del sistema de información que poseen y las prácticas que utilizan para alimentarlo. Sin embargo, es posible que durante largo tiempo la información haya servido para la toma de decisiones y haya sido eficaz, aunque pueda tener poca confiabilidad y un manejo poco eficiente.

De acuerdo con la teoría *Lean*, toda tarea realizada puede clasificarse como Productiva (P), si ella agrega valor al producto o servicio ofrecido al cliente; Contributiva (C), si es necesario realizar la tarea porque sirve de soporte a las actividades productivas tales como mediciones, transporte de materiales, montaje de equipos, pero ellas no dan valor agregado al producto o servicio, y, finalmente, No Contributiva (NC), si la acción que se ejecuta no da valor agregado y tampoco es una tarea de soporte, por ejemplo, esperas por material o por aprobaciones, descansos, reprocesos, etc. Quien sigue la filosofía *Lean* en la producción, debe incrementar al máximo el tiempo invertido en tareas productivas, disminuir el tiempo gastado en las contributivas y eliminar el tiempo correspondiente en acciones no contributivas. Bajo este enfoque se adelantó un procedimiento para evaluar las tareas que se realizan en cada empresa.

2. Metodología

Las actividades básicas que se realizaron con el fin de cumplir el objetivo de hacer un levantamiento de las condiciones actuales en las cuales se obtiene la información fueron:

- Entrevistas con los empresarios, por múltiple digitación, para definir las áreas y las actividades en las cuales se produce la información más relevante y a la vez más deficiente.
- Visitas a los proyectos de construcción de las empresas y elaboración de encuestas a los encargados de tales actividades, para conocer el(los) destino(s) de la información, las causas del manejo inapropiado, su disponibilidad al cambio y la percepción que tienen sobre las características de la información que manejan.
- Elaboración de los diagramas de proceso que resumen la información básica.
- Evaluación por parte de dos expertos, de las tareas que comprenden el levantamiento de datos, clasificándolas según los principios *Lean*.
- Resumen y análisis de los resultados.

En la Tabla 1 se presentan algunas características del grupo de empresas que participaron en la investigación con el grupo Gescón.

El proyecto *Tecnologías de información como apoyo al control de la ejecución de proyectos de construcción*, contempla cuatro grandes áreas en las cuales el manejo de la información en línea es muy importante. Tales áreas fueron definidas a través de los talleres de colaboración realizados durante la investigación: producción, calidad, gestión ambiental, y seguridad y salud ocupacional. Sobre estas se centró la atención en las entrevistas programadas con los empresarios y ellas serán los principales componentes del sistema desarrollado en web debido a que su

Tabla 1. Empresas constructoras participantes

Empresa	Tamaño	Cobertura	Certificada En Iso	Aplica Lean Construction
A	Pequeña	Local	Si	Si
B	Grande	Local, nacional	Si	No
C	Pequeña	Local	Si	Si
D	Grande	Local, nacional	Si	No
E	Grande	Local, nacional	Si	No
F	Mediana	Local	No	Si
G	Mediana	Local	Si	Si
H	Pequeña	Local	No	No
I	Pequeña	Local	No	No
J	Grande	Local, nacional, internacional	Si	Si
K	Mediana	Local, nacional	No	Si
L	Pequeña	Local	No	No

información es necesaria para llevar el control de avance de obra y pagos tanto de nómina como de proveedores como también es obligatoria para cumplir con la normatividad exigida por el gobierno.

Específicamente hubo consenso en que la toma de datos para control de avance es el proceso más crítico y el más importante para hacer el análisis de eficiencia, por su relación tan estrecha con planeación y control de producción. Se examinaron la frecuencia con que se realiza, las áreas de la empresa que son usuarias de su información, el enganche de personal necesario, la normativa legal para el pago de trabajadores, compras de materiales e insumos, capacitación, almacén, calidad, ventas, financiación y servicio de posventa.

Entrevistas

En cada una de las empresas donde se adelantan proyectos de infraestructura y de construcción de vivienda fue necesario realizar entrevistas con diferentes profesionales. Al contrario, en las empresas más pequeñas, en las cuales está centralizado el manejo de la información, y pudiera decirse que los métodos están estandarizados porque su trabajo es más repetitivo, se hizo la entrevista con el gerente que, por lo general,

define el método de trabajo ya que él, a su vez, ha sido director de obra e ingeniero residente en los inicios de su vida profesional. Estos métodos los vienen utilizando y el residente sólo aporta alguna variación en el seguimiento manual de acuerdo con sus gustos.

Los temas alrededor de los cuales se desarrolló la entrevista fueron:

- Departamentos o personas que solicitan la información
- Proceso que sigue para obtener la información
- ¿Quién o quiénes realizan las mediciones u observaciones?
- ¿Cómo realizan las mediciones y qué formato llenan?
- ¿Qué criterios tienen para aceptar que la información es correcta?
- ¿Dónde se presentan estos criterios?
- ¿Qué hacen con los datos que se salen de lo esperado?
- ¿Cuánto tiempo toma la persona encargada en diligenciar los datos?
- ¿Con qué frecuencia se realiza esta labor?

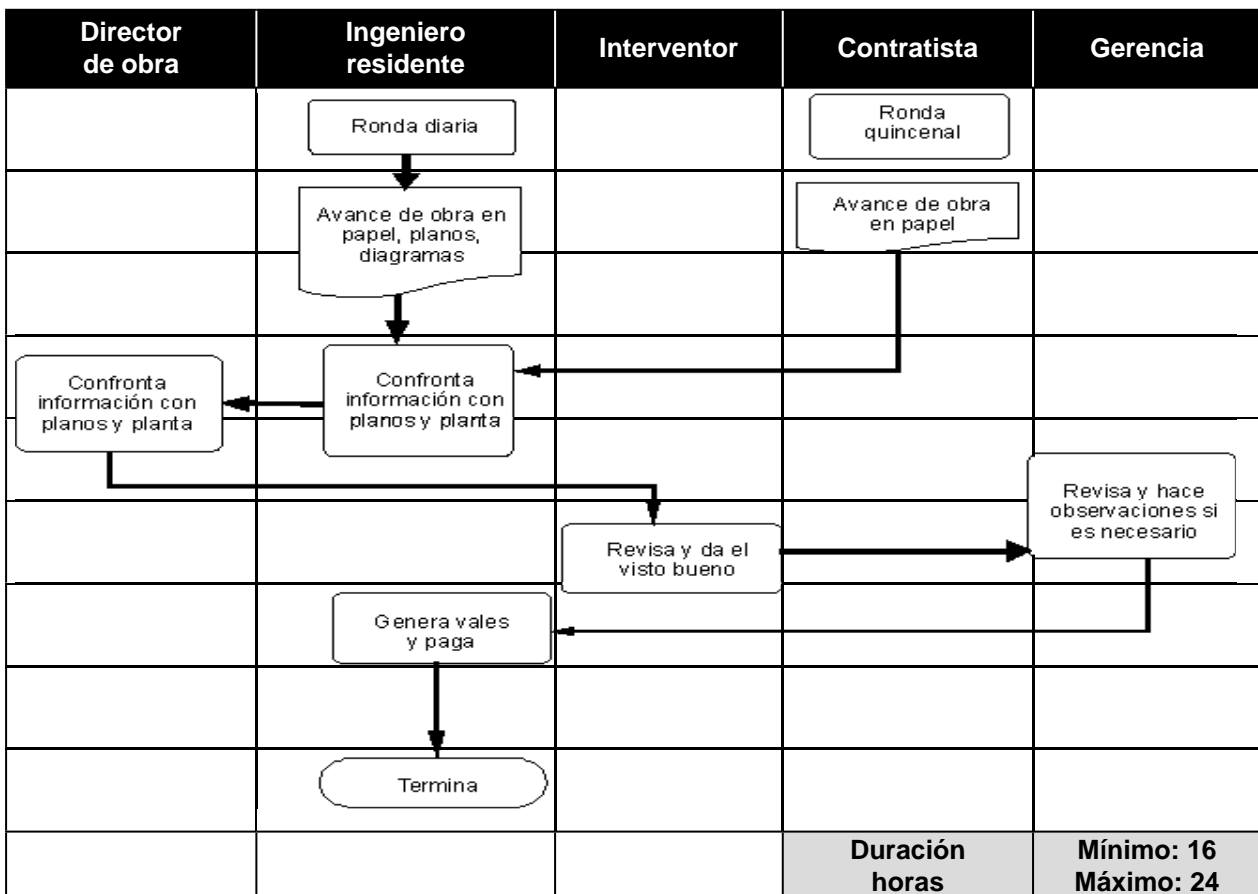
- ¿Se da retroalimentación del informe que se reporta?
- Calificación de la importancia de esta labor. En la escala de 1 a 10 (1 menor importancia, 10 máxima importancia)

Con la descripción correspondiente, se realizaron los diagramas de procesos y se envió a cada director de obra o ingeniero residente el diagrama del suyo, con el fin de que lo revisara e hiciera las observaciones que creía pertinentes. La Figura 1 es un ejemplo de diagrama de procesos de control de avance de obra, en ella se observa la duplicidad

de tareas: ingeniero residente y contratista realizan la ronda y la información que se obtiene de ella la revisan el director de obra, el ingeniero residente, el interventor y la gerencia.

Tales diagramas se entregaron luego a dos expertos en el tema *Lean Construction* quienes clasificaron cada una de las tareas en productivas, contributivas y no contributivas, actualmente llamadas de valor agregado, soporte y no valor agregado respectivamente. Para mayor objetividad de su actuación, los expertos no conocieron la empresa que estaban evaluando y se realizó una calibración para asegurar consistencia entre ellos.

Figura 1. Diagrama de proceso de control de avance de obra



Fuente: Elaboración propia. (Herramienta diagrama de flujos del Excel).

Con esta clasificación se obtuvieron estadísticas por proyecto y por empresa, se hallaron las causas del tiempo de espera por actividades contributivas y no contributivas, y se estimó el tiempo invertido en cada una de esas categorías. En la Figura 2 se presenta un formato de evaluación diligenciado.

Figura 2. Formato de evaluación del control de avance de obra

Actividad	P	C	NC	Comentario
Director de obra realiza ronda quincenal	X			
Inspector de obra realiza ronda quincenal	X			
Contratista realiza ronda quincenal			X	
Inspector de obra consigna en papel avance de obra				X
Inspector de obra genera el acta de avance de obra	X			
Inspector de obra envía el acta al interventor			X	La obra requiere interventoría
Interventor da el visado al acta			X	Contractualmente, el proceso sería Contributivo
Interventor envía el acta visada al director de obra				
Director de obra autoriza la cuantía por pagar		X		
Director de obra envía el acta autorizada al almacenista			X	
El almacenista digita en kardex electrónico el acta			X	
El almacenista envía a Contabilidad el acta en papel		X		
Contabilidad realiza la causación de pagos		X		
Contabilidad efectúa un resumen de contrato			X	
Contabilidad hace firmar el resumen del contrato		X		
Contabilidad realiza los pagos	X			

3. Resultados

3.1 Resumen del tiempo invertido en control de avance

Se visitaron quince proyectos de construcción de doce empresas. Durante la entrevista se preguntó por el tiempo invertido en obtener la información de avance de obra, proceso que es crítico para el pago de trabajadores, evaluación de la calidad, planeación de actividades futuras y cumplimiento de normas. Los entrevistados indicaron el tiempo mínimo y máximo que invierten, con lo cual se sacó un promedio aritmético y luego se promediaron los tiempos de todos los proyectos. El resumen de esta

información se presenta en la Tabla 2. La Tabla 3 entrega los intervalos de confianza del 95% para la media de los tiempos invertidos en el proceso *determinación del avance de obra*.

Como puede apreciarse en la Tabla 3, el tiempo promedio mínimo invertido en la recolección de la información puede oscilar entre 7 y 12,2 horas con un 95% de confiabilidad (prácticamente entre un día y medio y tres días laborales). Lo máximo que gastan se encuentra entre 12,8 y 22 horas (entre un día y medio y tres días laborales). Es importante analizar más adelante, de las tareas realizadas en este proceso, qué porcentaje de esas horas agregan valor y asociarlas al porcentaje de tiempo productivo, relacionado con la teoría *Lean*.

Tabla 2. Estadística de los tiempos mínimo, máximo y promedio, en horas

	Mínimo	Máximo	Promedio
Media	9,6	17,4	13,5
Mediana	8,0	16,0	12,0
Moda	8,0	-	10,0
Mínimo	3,0	5,0	4,5
Máximo	16,0	32,0	24,0
Desviación estándar	4,6	8,3	6,1

Tabla 3. Intervalos de confianza del 95%, en horas

	Límite Inferior	Límite Superior
Mínimo	7,0	12,2
Máximo	12,8	22,0
Promedio	10,1	16,9

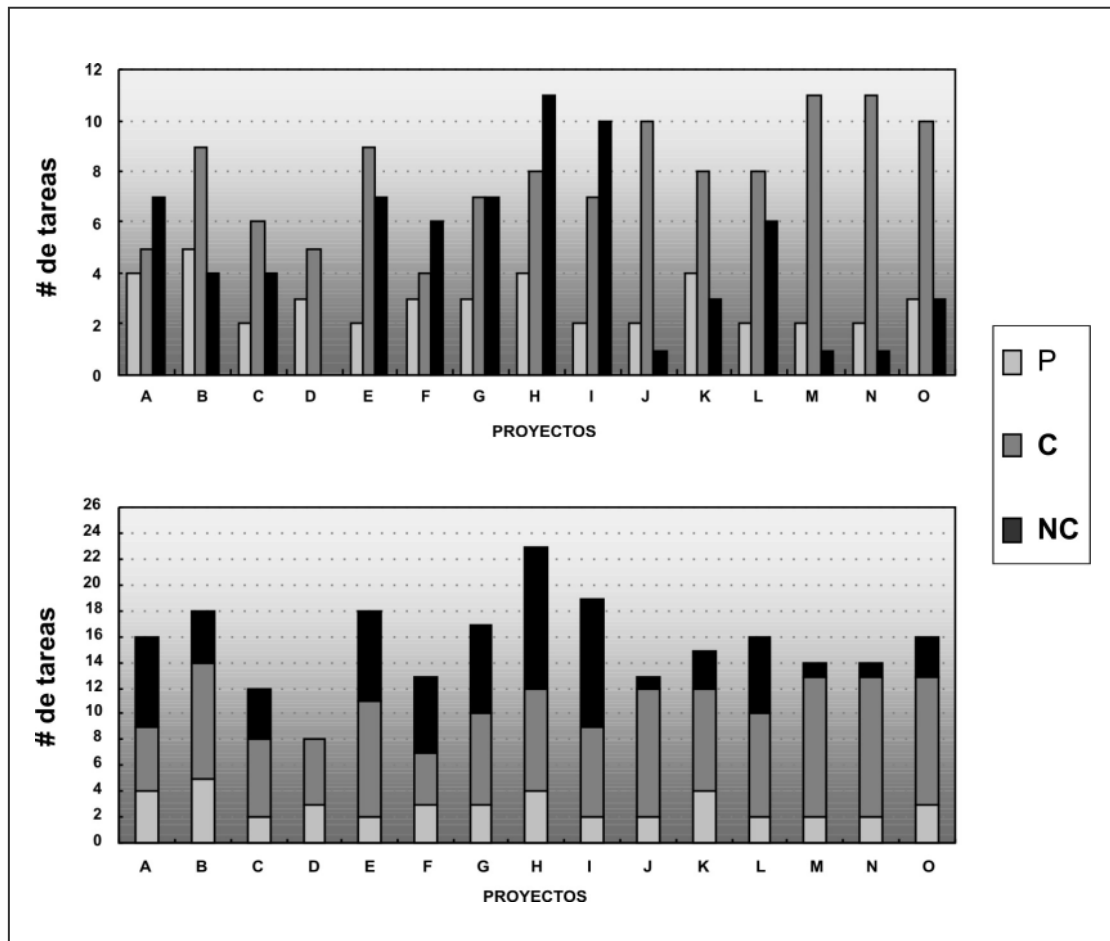
3.2 Evaluación del control de avance de obra

A cada uno de los 15 proyectos se les asignó un código alfabético (A – O). De acuerdo con el tipo de proyecto —construcción pública o privada—, puede ser necesaria o no la figura del interventor. Los proyectos públicos la requieren, los privados, no siempre, de acuerdo con si son propios o de terceros. Dependiendo de lo anterior, la revisión del interventor puede ser una tarea contributiva, cuando se requiere la interventoría, o no contributiva, cuando el proyecto es propio.

La Figura 3 entrega los resultados, para ser analizados en dos formas diferentes. La primera gráfica permite determinar, por proyecto, el número exacto de tareas en cada una de las clasificaciones. Por

ejemplo, en el proyecto D se realizan tres tareas productivas y cinco contributivas. El proyecto H efectúa cuatro tareas productivas, ocho contributivas y once no contributivas. La otra gráfica proporciona el total de tareas que se realizan en el control de avance y permite comparar más fácilmente el número de actividades en cada clasificación.

Figura 3. Clasificación de las tareas, por proyecto



Fuente: Elaboración propia.

Las gráficas presentadas en forma simultánea, facilitan los análisis. Se observa por ejemplo en la primera gráfica que el proyecto G tiene igual número de tareas contributivas que de no contributivas y que en el proyecto H, el mayor número de tareas son no contributivas. Mediante la gráfica inferior se advierte no sólo el total de tareas realizadas en cada proyecto (a menor cantidad de tareas para determinar el control de avance del proyecto, mayor eficiencia), sino que se puede comparar con mayor detalle la composición del tipo de tarea con respecto al total.

Cabe anotar que las empresas que lideran los proyectos H e I gozan de una gran oportunidad de mejoramiento porque en el control de avance de obra tienen el mayor número de tareas no contributivas que se deben eliminar, igual ocurre con el proyecto G. En contraste, el proyecto D no tiene tareas no contributivas y el 62% aproximadamente son contributivas. Es el proyecto que —en este sentido— tiene el mejor desempeño porque su empresa dispone de una red local que facilita el “transporte” de datos entre los funcionarios, aunque es importante analizar más

detalladamente el tiempo invertido en tales tareas.

3.2.1 Determinación de las causas de actividades no productivas

Dentro del análisis de las actividades, es importante establecer cuáles son las causas por las cuales las empresas no tienen un buen desempeño en la gestión de información. En el proceso del control de avance de obra, que es crítico para cualquier empresa por la responsabilidad legal, financiera y social que éste involucra, se analizaron en

forma separada las causas de las actividades contributivas y de las no contributivas.

La Tabla 4 y la Figura 4 resumen las causas de las actividades contributivas y no contributivas. Aunque hay categorías con igual nombre en los dos tipos de actividades, es primordial aclarar que ellas se encuentran en las actividades contributivas porque hasta el momento es necesario hacerlo así para el cumplimiento de las tareas, pero en las no contributivas su presencia se debe a tareas repetidas o francamente innecesarias.

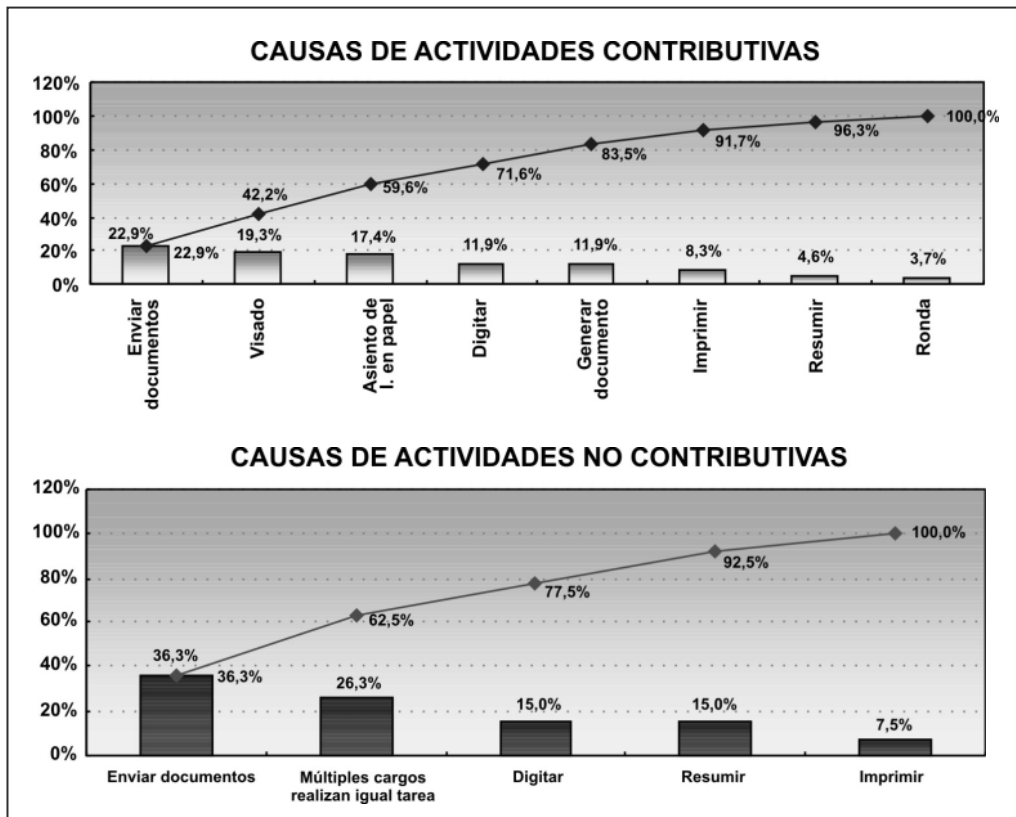
Tabla 4. Causas de las actividades no productivas

Contributivas		No contributivas	
Causas	Porcentaje	Causas	Porcentaje
Enviar documentos	22,9	Enviar documentos	36,3
Visado	19,3	Múltiples cargos realizan igual tarea	26,3
Asiento de información en papel	17,4	Digitar	15,0
Digitar	11,9	Resumir	15,0
Generar documento	11,9	Imprimir	7,5
Imprimir	8,3		
Resumir	4,6		
Ronda	3,7		

Dentro de las tareas contributivas se encuentran: revisión y visto bueno de documentos (visado), generación de documentos tales como la oferta mercantil, los vales etc., asiento de información en papel, resumen e impresión de la información, tareas que cuando se realizan por primera vez son necesarias. El envío de documentos es necesario cuando no se dispone de una red interna o no se tiene acceso a ella desde las obras de construcción.

La filosofía *Lean* propende por la disminución al máximo del impacto de las tareas contributivas y la eliminación de las no contributivas. Cuando el sistema integral que desarrolla Gescón esté implementado, se mantendrán vigentes las rondas y la generación de documentos para efectos legales. En cuanto a los visados, necesariamente se cambiará la forma de realizarse y será más eficiente pues el sistema podrá ayudar en el control. El envío de documentos, los asientos en papel de la información, la re-digitación de datos, los resúmenes y consolidaciones realizados entre varios funcionarios, la impresión de la información podrán desaparecer. Estas categorías suman en el presente el 34,9% de las tareas contributivas.

Figura 4. Causas de actividades Contributivas y No Contributivas



En cuanto a las tareas no contributivas, ellas desaparecerán casi por completo, toda vez que las directivas y funcionarios de la empresa tengan una mentalidad abierta al cambio y diseñen sus procesos de tal forma que no repitan tareas innecesariamente.

3.2.2 Estimación de los tiempos dedicados a tareas productivas, contributivas y no contributivas en el control de avance de obra

En la Tabla 5 se entregan los resúmenes del porcentaje de tareas productivas (P), contributivas (C) y no contributivos (NC) y la estimación del tiempo promedio dedicado a ellas, a partir de la información de tiempos suministrada por los profesionales de cada proyecto constructivo.

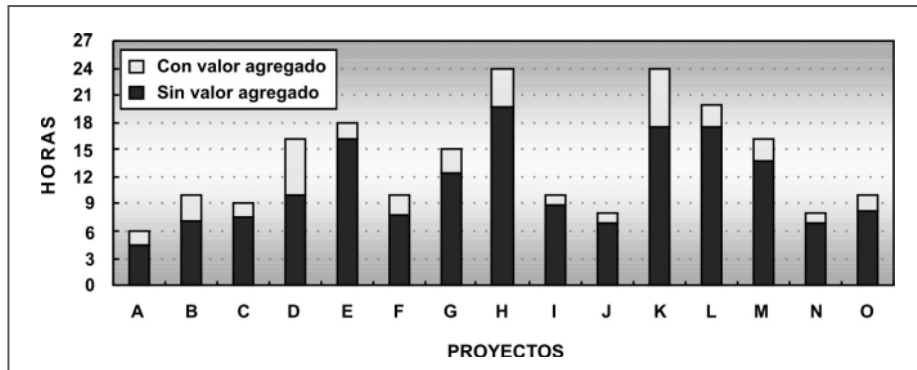
Se puede establecer que el mayor tiempo no contributivo es 11,5 horas y que este valor es mayor que el total de horas dedicadas al control

de avance de seis empresas (todos los valores son estimados en promedio). Para una mejor visualización de los resultados, se agruparon las categorías Contributivo y No Contributivo en una gráfica llamada Actividades sin valor agregado y se obtuvo la Figura 5, en la cual la categoría con valor agregado corresponde al tiempo productivo.

Esta nueva óptica permite corregir una idea obtenida de la Figura 3. En ella se observó que el proyecto D tiene la clasificación de actividades más deseable. Pero cuando a las tareas se asocia la variable tiempo, se encuentran resultados muy diferentes. La Figura 5 ilustra cómo los proyectos A, B, C, F, G, I, J, N y O son mejores que el proyecto D porque sus tiempos totales están por debajo de las 16 horas que gasta, aunque su distribución de tiempos de actividades con valor y sin valor agregado sigue siendo la mejor, 32,5 y 67,5 respectivamente. El proyecto A definitivamente es el que gasta menos tiempo en hacer sus tareas aunque sólo el 25% de ellas son productivas.

Tabla 5. Porcentaje de tareas y estimación del tiempo promedio invertido

Proyectos	Porcentaje de tareas			Promedio de Horas			Horas totales
	P	C	NC	P	C	NC	
A	25,0	31,3	43,8	1,5	1,9	2,6	6
B	27,8	50,0	22,2	2,8	5,0	2,2	10
C	16,7	50,0	33,3	1,5	4,5	3,0	9
D	37,5	62,5	0	6,0	10,0	0,0	16
E	11,1	50,0	38,9	2,0	9,0	7,0	18
F	23,1	30,8	46,2	2,3	3,1	4,6	10
G	17,6	41,2	41,2	2,6	6,2	6,2	15
H	17,4	34,8	47,8	4,2	8,3	11,5	24
I	10,5	36,8	52,6	1,1	3,7	5,3	10
J	15,4	76,9	7,7	1,2	6,2	0,6	8
K	26,7	53,3	20,0	6,4	12,8	4,8	24
L	12,5	50,0	37,5	2,5	10,0	7,5	20
M	14,3	78,6	7,1	2,3	12,6	1,1	16
N	14,3	78,6	7,1	1,1	6,3	0,6	8
O	18,8	62,5	18,8	1,9	6,3	1,9	10

Figura 5. Comparativo de los tiempos promedios de actividades con y sin valor agregado

Se advierte, además, que los tiempos de actividades que no agregan valor en los proyectos E, G, H, K, L y M superan el tiempo total (horas promedio) de los demás proyectos. Como se dijo anteriormente, en estos proyectos existe duplicidad de tareas o controles inadecuados o innecesarios.

Cuando se implemente el sistema con tecnologías móviles, se espera que la categoría "Con valor agregado" disminuya el tiempo promedio (segu-

ramente sin anularse) y que las actividades sin valor agregado desaparezcan completamente. Este objetivo podrá cumplirse en cada empresa cuando aumente la confianza en el sistema de trabajo sin que sea necesario que el o los interventores tengan que realizar las tareas del residente o de su auxiliar. Igualmente la re-digitación, impresión de documentos y envío de estos desaparecerán.



Conclusiones

Se han encontrado varios aspectos para destacar:

- El interés que se tiene por parte de las empresas y de los profesionales en el trabajo que Gescón está desarrollando con ellas, reflejado en la atención y ayudas que aportaron.
- La creatividad que imprimen en el seguimiento de avance de obras. Aunque las distintas empresas manejan en común el concepto “pago de vale” y en el fondo es muy similar, las diferentes formas de control son ingeniosas.
- A pesar de los adelantos en computación que se tienen en la actualidad, los sistemas de información de las empresas no están integrados. Esto hace necesario que el avance se plasme en papel en la obra y luego en la casa se digite en algún software. Mucha de la información se levanta en las obras, donde la intranet —si existiera— no se podría utilizar. Por tanto, la persona encargada debe realizar estas tareas en tiempo extra, en detrimento de su vida familiar. El ingeniero residente o el director de obra deben entregar a tiempo tal información para que puedan cumplirse los pagos. La labor administrativa urgente, desplaza el trabajo importante del ingeniero.
- La falta de confianza en el desempeño de las tareas necesarias para el control de avance de obra, obliga a las empresas a duplicar esfuerzos haciendo que una tarea sea realizada y controlada por varias personas, lo que no necesariamente garantiza datos verosímiles y oportunos porque este control no siempre se cumple de acuerdo con la planeación a largo y mediano plazo. La información, aunque sea verídica, no siempre es oportuna y por lo tanto la toma de decisiones se hace sin tener la información completa.
- Las empresas pequeñas disponen de programas contables que no interactúan con el software que utilizan en la programación general de los proyectos, no son compatibles con el sistema operativo Windows —el más utilizado a nivel general— ni con el administrador de correo electrónico. Son programas aislados, que requieren que se digite todo ítem para alimentar su base de datos porque son aplicaciones cerradas que no permiten la programación para capturar desde archivos planos (con extensión.txt) los datos necesarios para sus procesos. Esto obliga a que se re-digiten los datos de interés o se realicen análisis duplicados.
- La no disponibilidad de un sistema en red exige imprimir todos los documentos que se producen y tenerlos disponibles para aquellos funcionarios que hacen uso de ellos. Los costos del tiempo que se invierte en la impresión y envío, así como del papel que se gasta, no guardan relación con la vida útil de la información, el alcance, la riqueza y la facilidad de recuperación

Con la implementación del proyecto de tecnologías móviles en curso, se tendrá la oportunidad de lograr cada vez más las metas propuestas de acuerdo con la filosofía *Lean*. Eso implica que se trabaje por conseguir una cultura corporativa tanto para tener una mente abierta al cambio que Gescón propone, como para adquirir buenas prácticas en la gestión de la información. Con este sistema se espera:

- Agilizar los procesos productivos
- Disminuir los errores en los documentos
- Ahorrar en costos de administración

- Aumentar la competitividad de las empresas participantes
- Alta disponibilidad de la información
- Tener confidencialidad absoluta
- Tener integridad de los datos avalada por los protocolos de información utilizados
- Facilitar y mantener el control de la información
- Facilitar la aplicación de técnicas “Justo a Tiempo” y pasar en esta forma de un JIT dogmático, a un JIT pragmático.

Es difícil que las empresas colombianas de la construcción hagan esfuerzos individuales para responder a la demanda que les presenta el medio y se preparen en el campo tecnológico a la vez que realizan su labor. En los próximos años se espera tener equipos y sistemas de comunicación cada vez más poderosos, más rápidos y más económicos. Así mismo, mejores recursos, más ricos y de más fácil acceso por Internet. Para satisfacer las nuevas demandas y para aprovechar mejor las grandes oportunidades, los sistemas educativos latinoamericanos deben enfrentarse responsablemente a las nuevas tecnologías. Ingenieros, administradores y educadores deben estar preparados para su comprensión y utilización efectiva. Y deben buscar el apoyo decidido de sus comunidades y de sus instituciones educativas. “Con el marco de políticas apropiado, las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) pueden apoyar los cambios en pedagogía y en capacitación de docentes” (Banco Mundial, 2005). Gescón le brinda a sus empresas asociadas la oportunidad de ponerse al día en estas tecnologías mientras ellas desarrollan sus proyectos, a través de la investigación de carácter colaborativo que se realiza en la Universidad EAFIT. De igual manera, los estudiantes de Ingeniería Civil tienen acceso al conocimiento y puesta en práctica de estos avances tecnológicos.

Bibliografía

Banco Mundial. (2005). “Life Learning in the Global Knowledge Economy” [“Aprendizaje durante toda la vida en la economía global del conocimiento. Retos para países en desarrollo”], *Reporte del Banco Mundial*. <http://www.eduteka.org/AprendizajePermanente.php> (marzo 5 de 2005).

Blanquet, M. (2006). *Paul Otlet: Père de la Documentation*. <http://savoirscdi.cndp.fr/CulturePro/biographie/otlet/otlet.htm> (abril 3 de 2007).

Botero, L. y M. Álvarez. (2005). “Last planner, un avance en la planificación y control de

proyectos de construcción: estudio del caso de la ciudad de Medellín”, *Ingeniería y Desarrollo*, 17. Colombia. pp. 148-159.

_____. (2003) “Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la construcción”, *Revista Universidad EAFIT*, 130 (38). Colombia. pp. 65-78.

_____. (2004) “Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda (Lean construction como estrategia de mejoramiento)”, *Revista. Universidad EAFIT*, 136 (40). Colombia. pp. 50-64.

_____. (2006). *Sistema de Referenciación para la Construcción*. Medellín, Colombia: Universidad EAFIT. <http://www.benchcolombia.com/benchcolombia/BenchPrincipal.aspx> (mayo 18 de 2007).

Feld, William M. (2000) "Lean Manufacturing. Tools, Techniques and how to use them". CRC. USA.

García, H. (2005). "Gestión de costos, capacidad empresarial y fuerza de mercado en los proveedores de PDVSA" <http://www.revistaespacios.com/a05v26nesp/052603esp5.html> (enero 28 de 2007).

IBM (2007) "Rational Performance Tester V7.0 and extensions offer solutions for load and performance testing". <http://www-01.ibm.com/common/ssi/cgi-bin/ssialias?subtypeca&infotype=an&appname=iSource&supplier=897&letternum=ENUS207-016> (marzo 15 de 2007).

Intercambio Electrónico de Datos. (2007). <http://www.monografias.com/trabajos/edi/edi.shtml> (abril 7 de 2007).

Lantelme, E. C. Formoso. (2000). "Improving performance through measurement: the application of lean production and organizational learning principles". Rio Grande do Sul, Brazil <http://iglc.net/conferences/2000/Papers/LantelmeFormoso.pdf> (marzo 25 de 2007).

McCabe, Steven. (2001) "Benchmarking in construction". London: Blackwell Science.

Piedrahita, F. (2003). "Un modelo para integrar TIC en el currículo". Cali, Colombia: Universidad Icesi. http://www.eduteka.org/tema_mes.php3?TemalD=0017 (enero 25 de 2007).

"Repercusión de la información en las empresas de tamaño medio: facilitar la información como valor añadido". (2005, julio). Microsoft prensa. http://www.microsoft.com/spain/mediana empresa/products/roi_office/default.msp (marzo 25 de 2007).

Rodríguez, J. (1999). "La gestión del conocimiento: una gran oportunidad". http://www.elprofesionaldelainformacion.com/contenidos/1999/marzo/la_gestion_del_conocimiento_una_gran_oportunidad.html (abril 7 de 2007).

Serrano, M. (2006). *Introducción a los SARI*. Escuela Superior de Informática. Universidad de Castilla - La Mancha. <http://alarcos.inf-cr.uclm.es/doc/ARI/trans/Tema1-IntroSARI.pdf> (febrero 10 de 2007).

Tramullas, J. (1997). *Introducción a la documentación*. <http://tramullas.com/documatica/1-1.html> (enero 17 de 2007)