

# Gestión de Proyectos con Teoría de Restricciones aplicada al área técnica de la Compañía Construcciones y Servicios S. A.\*

Revista Soluciones de Postgrado EIA, Número 4.p. 195-208. Medellín, agosto 2009

Luis Felipe Gómez Posada\*\*  
y Juan Bernardo Jiménez Villalobos\*\*\*

\* Artículo basado en el trabajo de grado exigido como requisito para obtener el título de Especialistas en Gerencia de Proyectos de la Escuela de Ingeniería de Antioquia. Director del proyecto: David Poveda Jaramillo, 2009

\*\* Ingeniero Civil, Especialista en Gerencia de Proyectos de la Escuela de Ingeniería de Antioquia. luisfelipe.gomez@cysdinpro.com.co

\*\*\* Ingeniero Administrador, Especialista en Gerencia de Proyectos de la Escuela de Ingeniería de Antioquia. jbjimenez@gmail.com

# GESTIÓN DE PROYECTOS CON TEORÍA DE RESTRICCIONES APLICADA AL ÁREA TÉCNICA DE LA COMPAÑÍA CONSTRUCCIONES Y SERVICIOS S. A.

Luis Felipe Gómez Posada y Juan Bernardo Jiménez Villalobos

## **Resumen**

El grupo Dinpro-Construcciones y Servicios se dedica al diseño, construcción, montaje y mantenimiento de proyectos industriales y logísticos; la compañía Construcciones y Servicios se concentra en los proyectos de construcción, su montaje y mantenimiento y es ésta la organización en la que se desarrolla el trabajo objeto de este artículo. Una de las actividades más importantes dentro de la ejecución de proyectos de construcción es asegurar que los contratistas estén preparados para ejecutar lo contratado en el momento programado y con las características pactadas, pero depende del equipo de trabajo de la obra hacer las contrataciones a tiempo antes del día de inicio de cada actividad. No obstante, en el medio no existen herramientas de seguimiento y control que permitan asegurar la eficacia en la contratación para que se realice de manera oportuna. Este artículo pretende entonces evidenciar la experiencia de Construcciones y Servicios S. A. en la aplicación de los elementos propios de la solución para gerencia de proyectos de TOC (*Theory of Constraints* o Teoría de restricciones, Cadena Crítica) a la gestión de la contratación ejecutada como un proyecto per se con resultados exitosos.

**Palabras clave:** gerencia de proyectos, teoría de restricciones, contratación de obras, construcción, cadena crítica.

## **Abstract**

The Dinpro-Construcciones y Servicios group is oriented towards the design, construction, assembly and maintenance of industrial and logistic projects; "Construcciones y Servicios" company focuses in the construction, assembly, and maintenance of these projects; this article is developed at this company. One of the most important activities within the execution of construction projects is to ensure that the contractors are well prepared to execute that which was agreed, in the scheduled moment and with the arranged characteristics, but to hire on time before the starting day of the each activity depends of the work team. Nevertheless, there are no follow up and control tools which allow assuring the efficacy of the hiring process so that it is done on time in the field. This essay pretends to display the experience of "Construcciones y Servicios" S.A. in the application of the solutions granted elements for the General Management of TOC Projects (Critical chain) to the hiring process, executed as a project per se with successful results.

**Key words:** Project Management, Theory of Constraints (TOC), Hiring, Construction, Critical Chain

# Gestión de Proyectos con Teoría de Restricciones aplicada al área técnica de la Compañía Construcciones y Servicios S. A.

Luis Felipe Gómez Posada y Juan Bernardo Jiménez Villalobos

---

Revista Soluciones de Postgrado EIA, Número 4.p. 195-208. Medellín, agosto 2009

## Introducción

La teoría de restricciones (*Theory of Constraints* TOC), cuyo autor es Eliyahu M. Goldratt, tiene su origen a comienzos de los ochenta.

CCPM (Critical Chain Project Management) se deriva de la aplicación de la teoría de restricciones a la gerencia de proyectos. La teoría de restricciones fue dada a conocer por el físico israelí Eliyahu Goldratt en 1984, con la publicación de su libro "La meta" (Goldratt y Cox, 1992). La teoría de restricciones es una metodología sistémica de gestión y mejora continua de una empresa que ha tenido, tiene y seguirá teniendo dramáticos impactos en muchas compañías.

La TOC está basado en el método científico y afirma que "*todo sistema debe tener una restricción o cuello de botella (CB), de lo contrario sus salidas se elevarían infinitamente o serían cero*"; (Leachcon base en la aplicación de una serie de reglas, centradas en las restricciones, es posible optimizar el resultado del sistema. Mucha gente acepta esa afirmación como un hecho evidente. Lo asombroso son los resultados que de ella se derivan.

La teoría de restricciones no fue pensada inicialmente para el entorno de proyectos; aunque para Goldratt fueran muy claras sus aplicaciones,

se vio en la necesidad de publicar el libro "*Critical Chain*" para dar a conocer el método de "cadena crítica" como la solución de la TOC para la gerencia de proyectos.

La TOC identifica la cadena crítica como la restricción del proyecto y es "*La secuencia más larga de actividades dependientes. La dependencia de recursos determina la criticidad de la misma forma que lo hace la dependencia de actividades*" (Leach, 2000).

En todos los casos se persigue un objetivo común: la optimización del flujo del sistema, lo que en el caso de la cadena crítica se traduce en favorecer una mayor velocidad de ejecución de las actividades del proyecto.

Dee Jacob, un socio del Avraham Y. Goldratt Institute, ha probado los métodos con las 500 principales empresas de la revista Fortune, llevando a cabo numerosas implementaciones exitosas. Ahora ya tienen experiencia y una historia de éxitos que les permite fortalecer la teoría CCPM y presentarla como una adición al PMBOK (*Project Management Body of Knowledge, del Project Management Institute*), el cual hoy en día es de empleo extenso en la gerencia de proyectos (Leach, 1997).

En resumen, la aplicación de la TOC para proyectos es la cadena crítica,

que consiste en una técnica del proceso de desarrollo del cronograma que lo modifica para considerar los recursos limitados y combina los enfoques determinístico y probabilístico. Inicialmente, el diagrama de red del cronograma del proyecto se construye mediante estimaciones no conservadoras para las duraciones de las actividades, con las dependencias necesarias y las restricciones definidas como entradas. Luego se calcula la ruta crítica. Después de identificarla, se introduce la disponibilidad de recursos y se determina el cronograma resultante, limitado por los recursos, que en general tiene la ruta crítica alterada. El método de la cadena crítica agrega amortiguadores de duración, que son actividades del cronograma no laborables, para mantener el enfoque en las duraciones de las actividades planificadas. Asimismo, muchos estimadores de costos incluyen reservas, también llamadas asignaciones para contingencias, como costos de las actividades del cronograma.

Indiscutiblemente, vale la pena evidenciar cómo el gran potencial de la TOC en el escenario de los proyectos, con base en sus resultados esperados, puede impactar contundentemente la rentabilidad, lo cual al final es la medida del éxito o fracaso del proyecto.

Por ello se ha decidido revisar algunos de los procesos de mayor importancia en la construcción de obras civiles, como lo es el proceso de compras y contratación, en la compañía Construcciones y Servicios S.A., toda vez que de allí depende en gran parte el cumplimiento del cronograma general del proyecto.

Se decidió abordar el mencionado proceso a manera de proyecto en atención a sus características de temporalidad y unicidad para cada obra nueva.

El análisis en cuestión se logra mediante una afinación del proceso, usando para ello las herramientas planteadas por la TOC; así, se inicia con un levantamiento del estado actual del proceso en términos de resultados, tiempos y métodos; posteriormente se diseñan los indicadores que permitirán hacer seguimiento a la evolución del proceso.

Hecho esto, se procede a la mejora del proceso y a su implementación en productivo, todo ello acompañado del seguimiento riguroso y la documentación de los resultados que permitieron concluir sobre la eficacia de la TOC en los ambientes de proyectos.

## Metodología y desarrollo del estudio

### Estado actual del proceso

Para el análisis se tomó el proyecto de la construcción del “Centro de distribución nacional de Homecenter”, ubicado en el municipio de Tenjo, Cundinamarca. La siguiente es la información básica:

**Proyecto:**

Centro de distribución nacional de Homecenter en Tenjo.

**Área construida:**

36.000 m<sup>2</sup>

**Plazo contractual:**

13 meses.

**Cliente:**

Sodimac Corona

**Constructor:**

Construcciones y Servicios S. A.

**Fecha de inicio:**

6 de mayo de 2008

**Fecha de entrega:**

17 de mayo de 2009

**Entrega anticipada:**

20 días

Para este proyecto se identificaron 52 actividades de contratación o compra.

## Selección del indicador

Con este indicador se evaluará el número de actividades empezadas a tiempo (cumplimiento del "día de inicio") frente al total de las actividades contractuales realizadas hasta el momento de la última contratación o en cualquier momento de análisis. El objetivo será el 100% para que no se den retrasos en el cronograma de ejecución del proyecto producto de una contratación a destiempo. El indicador es el siguiente:

$$CO = \frac{AIT}{TC} \times 100, \text{ donde:}$$

CO: Contratación oportuna

AIT: Actividades iniciadas a tiempo

TC: Total de contrataciones

Como el objetivo de dicho indicador es el 100%, cualquier variación hace que se identifique la actividad que lo afecta. El control se hace cada semana y en éste se puede ver si alguna etapa del proceso está atrasada o si una contratación no se efectuó oportunamente, para consignarlo en el informe de obra.

En el proceso de contratación, cada actividad o compra especial es un proyecto individual y así se cumple la meta de que la mayoría de las

actividades de una obra comiencen a tiempo; con tan solo una que no cumpla la meta podría afectarse el cumplimiento en el plazo de un proyecto, debido a que dicha actividad puede hacer parte de la ruta crítica.

Es importante hacer seguimiento a cada actividad y en especial a las que conforman la ruta crítica; sin embargo, el indicador mide el proyecto como un todo.

## Descripción de la metodología actual para la contratación

En los proyectos, no es práctica común que se realice un cronograma específico para contratación ni que se lleven indicadores para controlar esta actividad. A partir de las experiencias vividas en otros proyectos, se encontró que una de las causas más relevantes de atraso en la terminación de las obras era el inicio tardío de cada una de las actividades de un proyecto producto de la demora en la contratación.

Al analizar los proyectos ejecutados por la compañía durante 2006 y 2007 se encontró que en más del 70% de las obras se presentaron demoras en la contratación con repercusión directa en entregas parciales o finales

de los trabajos. Entre las principales razones observadas por las que no se contrata a tiempo están: la falta de dominio del tema por parte de los directores de obra, debido a que no tienen los conocimientos y el dominio de los temas jurídicos de contratación, como la elaboración de pliegos de condiciones y contratos; el “síndrome del estudiante”<sup>1</sup>; la inexistencia de un proceso estandarizado para realizar las contrataciones en el que se describan todos los requisitos establecidos por la compañía, lo que hace que el ciclo en la actualidad tenga una duración de 38 días y en algunos casos incluso más.

### **Estandarización del proceso de contratación**

La primera acción de mejora que se implementó en el proyecto fue el desarrollo de un cronograma específico para la contratación. Para ello se estableció el proceso que se debía realizar paso a paso, con sus tiempos de duración. El proceso consta de dos fases, que se describen en los siguientes apartes.

### **Diagrama de flujo del proceso**

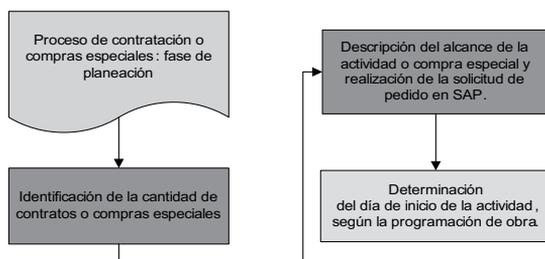
La primera fase se debe desarrollar una vez arranca el proyecto, puesto que hace parte de la etapa de planeación.

Partiendo del presupuesto y de la programación de la obra, se deben identificar todas las actividades e insumos especiales de un costo representativo que se deben subcontratar o comprar. Una vez identificadas todas las posibles contrataciones (se habla de posibles, ya que todos los proyectos son susceptibles de cambios en el alcance, generalmente por solicitud del cliente), se registran en un cuadro y se verifica, en la programación de la obra, el día en que debe iniciar dicha actividad. Esta fecha también se consigna en dicho cuadro, para establecer así las contrataciones por realizar y controlar.

La figura 1 corresponde al diagrama de flujo de esta primera fase, en la que se planea toda la contratación del proyecto para advertir cuándo debe realizarse (antes del comienzo de cada actividad).

---

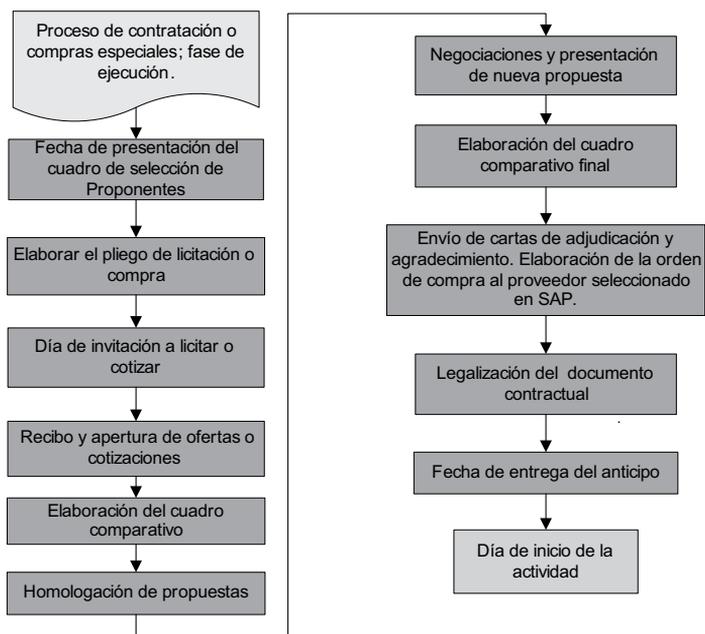
1 Goldratt hace referencia al síndrome del estudiante como el fenómeno en el cual una persona comenzará a esforzarse por terminar una tarea faltando muy poco tiempo para su fecha de entrega.



**Figura 1. Fase 1.** Proceso de contratación

## Diagrama de flujo del proceso

En la segunda etapa o fase de ejecución, se identifica cada uno de los pasos necesarios para realizar la contratación o compra a tiempo, antes del inicio de cada actividad. El seguimiento a cada una de las contrataciones identificadas es fundamental para que se disminuyan los riesgos de que el proyecto se atrase.



**Figura 2. Fase 2.** Proceso de contratación.

## Diseño del cronograma estandarizado

En la figura 3 se muestra cómo se planifica toda la contratación, estableciendo todas las fechas en las que se debe realizar cada paso para así hacer seguimiento durante toda la obra.

ITEM	ACTIVIDAD O COMPRA	Día inicio		Fecha de Selección de los proponentes		Elaboración del pliego de licitación		Día invitación licitar o cotizar		Recibo de ofertas o cotizaciones		Elaboración del cuadro comparativo		Homologación de ofertas y negociación		Elaboración del cuadro comparativo		Legalización de contrato u oferta		Fecha entrega anticipo		OBSERVACIONES	
		FECHA	ESTATUS	FECHA	ESTATUS	FECHA	ESTATUS	FECHA	ESTATUS	FECHA	ESTATUS	FECHA	ESTATUS	FECHA	ESTATUS	FECHA	ESTATUS	FECHA	ESTATUS	FECHA	ESTATUS		
		1	Acometida provisional de energía																				
2	Movimiento de tierras																						
3	Pilotaje estabilización																						
4	Pilotaje estructural																						
5	Geotextil tejido 2400																						
6	Concreto																						
7	Hierro para refuerzo																						
8	Control de asentamientos																						
9	Mano de obra campamentos y preliminares																						
10	Suministros materiales campamentos																						
11	Mano de obra para estructura de concreto cimentaciones																						
12	Plan de manejo vial																						
13	Señalización exterior																						
14	Mano de obra para estructura de concreto edificaciones																						
15	Estructura metálica porticos y cubierta																						
16	Estructura metálica edificios																						
17	Cerramiento paneles H WALL																						
18	Teja cubierta Techmet																						
19	Canales metálicas																						
20	Pisos en concreto edificios afinados																						
21	Pisos en concreto postensados																						
22	Ladrillos y bloques para mampostería																						
23	M.C. mamposterías y																						

Elaboró:	<input type="checkbox"/>	Actividad pendiente por comenzar
Coordinador de Proyectos	<input type="checkbox"/>	Actividad por comenzar en 6 días
Construcciones y Servicios S.A.	<input type="checkbox"/>	Actividad iniciada y no cumplida
	<input type="checkbox"/>	Actividad Cumplida

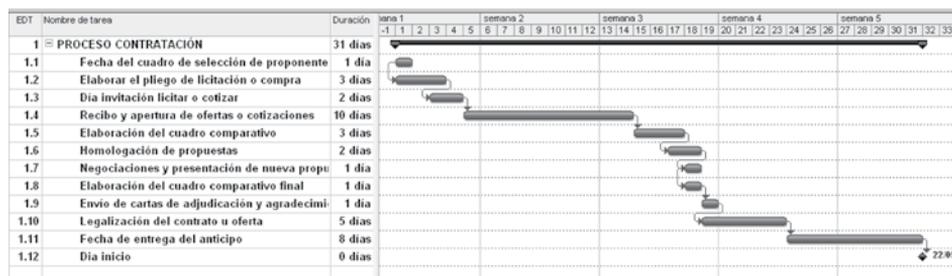
Figura 3. Cronograma estandarizado

## Cronograma de duración del proceso

Una vez estandarizado el proceso, se establece un cronograma que le sirva de guía al equipo de trabajo del proyecto para establecer la fecha en la cual debe empezar el ciclo. Se debe tener en cuenta que si se comienza muy temprano, se incurre en gastos financieros innecesarios por des-

embolsos con más anticipación de la necesaria; adicionalmente, contratar muy temprano genera sobrecostos en las pólizas, puesto que se amplían los tiempos de coberturas. A su vez, contratar muy tarde significa iniciar con retraso una actividad que podría hacer parte de la ruta crítica del proyecto.

El cronograma establecido para el proceso de contratación o compras especiales se muestra en la figura 4.



**Figura 4.** Cronograma del proceso de contratación.

La duración de este proceso es de 31 días; se anota que antes de la aplicación de este cronograma de contratación el tiempo variaba entre 38 y 45 días, pues no había ninguna herramienta que sirviera de apoyo para identificar cuándo se debería realizar cada contratación con miras a iniciar las actividades de un proyecto a tiempo.

## Aplicación de herramientas de la TOC

Se identifica un cuello de botella que afecta en forma considerable el proceso: la legalización del contrato u oferta mercantil, y específicamente se hace referencia a la elaboración del documento contractual. Los responsables de esta tarea no la realizan a tiempo por falta de dominio del tema o por múltiples ocupaciones (multitareas).

La elaboración del cuadro comparativo final es otro paso del proceso que sufre constantes retrasos debido a problemas como el síndrome del estudiante: al llegar las propuestas no son revisadas inmediatamente, debido a que no se programa adecuadamente al grupo responsable (director de obra-coordinador).

## Cronograma con cadena crítica

Al aplicar los conceptos de cadena crítica al cronograma desarrollado para el proceso, el cual tenía una duración de 31 días calendario, se obtiene el cronograma presentado en la figura 5, que presenta una duración de 26 días calendario. Los recursos compartidos no son una limitante en este caso y por eso no es necesario modificar la secuencia de las actividades.

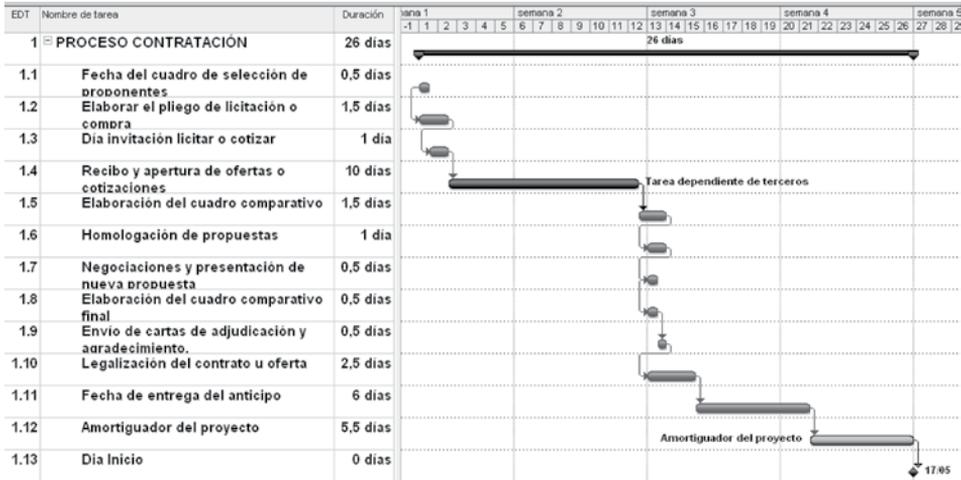


Figura 5. Cronograma modificado con cadena crítica.

## Aplicación de otras herramientas de la TOC

Una vez estandarizado el proceso, desarrollado el cronograma y realizada la aplicación de cadena crítica, se procedió a su implementación en el proyecto del “Centro de distribución nacional de Homecenter”.

Durante toda la ejecución del proyecto se aplicaron criterios como el síndrome del estudiante, la ley de Parkinson<sup>2</sup> y las multitareas.

Se verificó que tanto el director como el coordinador asignados al proyecto tuvieron funciones específicas y se definió un horario programado para realizar las tareas concernientes a la

contratación. Al director se le asignaron labores operativas y el coordinador tuvo la responsabilidad de la legalización del contrato, dado que era un tema muy específico que requería mayor experiencia y dominio.

También, al hacer una programación de trabajo semanal y un seguimiento a cada uno de los pasos del proceso para todos los contratos se evita el síndrome del estudiante.

## Resultados

Para el proyecto, se tuvieron 42 actividades iniciadas a tiempo, de un total de 52, lo que se traduce en un indicador CO del 81%. Esto con base en el cronograma con cadena crítica.

2 Fue enunciada por primera vez por Cyril Northcote Parkinson en 1957 en el libro Parkinson’s Law, como resultado de su extensiva experiencia en el Servicio Civil Británico y dice que “el trabajo se expande hasta llenar el tiempo disponible para que se termine.

Si se toma como base el cronograma original diseñado para la actividad, se tienen 47 actividades iniciadas a tiempo de 52, lo que arroja un indicador CO del 90%.

La alta efectividad en el comienzo oportuno de las actividades minimiza la probabilidad de que el proyecto sufra retrasos y, por ende, de tener sobrecostos por mayor permanencia del equipo de profesionales. Adicionalmente, el resultado más evidente de esta efectividad se refleja en el adelanto de 20 días calendario que presenta el proyecto, lo que implica, para la compañía, una bonificación económica por entrega anticipada de las obras, y para el cliente, grandes beneficios por la entrada en operación casi un mes antes.

Es importante anotar que las actividades correspondientes a la parte eléctrica presentaron retraso, debido a que el cliente tardó en la definición de la adjudicación; sin embargo, durante la ejecución de las obras se establecieron estrategias como pago de un anticipo de mayor valor a cambio de trabajo en horarios nocturnos y festivos, lo que representó que la actividad concluyera a tiempo con el resto de la programación y sin generar sobrecostos.

Con la implementación de este proceso en los diferentes proyectos de la compañía, se consolidará una base de datos para establecer el porcentaje óptimo por alcanzar en el indicador, con el objetivo de aumentar la probabilidad de éxito de las obras.

## Conclusiones

Para un proyecto de esta envergadura, es prioritario lograr una oportunidad en la contratación para que todas las actividades arranquen a tiempo, de modo que no afecten los costos del proyecto. Con esto se garantiza en un alto porcentaje su éxito en cuanto al plazo de ejecución. Gracias a la estandarización del proceso, al diseño del programa de contratación y, principalmente, a su ejecución y seguimiento con cadena crítica y demás herramientas de la TOC, el proyecto terminó con un adelanto de 20 días calendario en la programación general de la obra. Este adelanto le significa a la compañía una bonificación de unos \$500.000.000, eso sin valorar lo que significa el ahorro en los gastos administrativos de la empresa por la menor duración de la obra y el costo de oportunidad de asignar ese equipo de trabajo a otro proyecto. Como valor agregado, queda fortalecida la imagen de

la compañía hacia futuros proyectos con el cliente, acerca de los cuales ya se está hablando.

La entrega anticipada de un proyecto de estas características representa para el cliente un costo de oportunidad importante: deja de pagar arriendo en las bodegas que actualmente tiene ocupadas y, además, salir a operación le genera economías desde el punto de vista logístico, objetivo por el cual se construyó el proyecto.

El proceso estandarizado y el cronograma diseñado fueron presentados en la reunión de planeación estratégica de la compañía el 24 de abril de 2009. En dicha reunión se aprobó de forma unánime la implementación inmediata de la metodología de la TOC en todos los proyectos de la compañía y se acogió como cultura de empresa con miras a la certificación de calidad. En la actualidad, este modelo se está aplicando en dos proyectos, con resultados iniciales satisfactorios.

Debido a que no es la práctica común la aplicación de un proceso de este tipo, ni existe un diseño de un cronograma de contratación para proyectos de construcción o de cualquier

otro tipo en los que su aplicación se pueda implementar, este trabajo se convierte en un elemento de consulta de gran valor y les genera a los líderes de las obras de la compañía crecimiento profesional, dada la gran importancia que representa para los proyectos la planeación.

Con la aplicación de las herramientas de la TOC en este proceso se mejoraron los tiempos de realización y se logró una reducción de 5 días, si se toma como base el cronograma diseñado y, en general, entre 13 y 18 días si se tiene en cuenta que no se contaba con ninguna herramienta de control de este proceso. Si estos tiempos se suman, teniendo en cuenta una gran lista de actividades, se obtienen adelantos significativos en los diferentes proyectos.

Al estandarizar el proceso y realizar el cronograma de contratación de cada proyecto antes de que se inicie, se puede hacer un seguimiento preventivo por parte de la gerencia técnica de la compañía, para verificar si se están haciendo las contrataciones en forma oportuna así como su legalización. Adicionalmente, se regula el flujo de efectivo de los proyectos de acuerdo con lo que se programó desde el principio.

## Recomendaciones

La gerencia técnica de la compañía ha solicitado replicar la metodología usada en el proceso de contratación a los demás procesos de gran impacto para los proyectos de toda la organización.

Entre los procesos más relevantes están:

- Liquidación de proyectos
- Realización de pagos a proveedores
- Elaboración de licitaciones
- Realización de cortes de obra
- Liquidación de contratistas

## Bibliografía

GOLDRATT, E. y COX, J. (1992).

La meta. Un proceso de mejora continua. Great Barrington, MA, North River Press.

GOLDRATT, E. (2000).

Cadena crítica. Monterrey, Castillo, 2000.

LEACH, L. P. (1997).

Critical Chain Project Management Improves Project Performance. Idaho Falls, ID. Advanced Project Institute.

LEACH, L. P. (2000).

Critical Chain Project Management, 2ª edición, Artech House, Norwood, MA.