

Información Importante

La Universidad de La Sabana informa que el(los) autor(es) ha(n) autorizado a usuarios internos y externos de la institución a consultar el contenido de este documento a través del Catálogo en línea de la Biblioteca y el Repositorio Institucional en la página Web de la Biblioteca, así como en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad de La Sabana.

Se permite la consulta a los usuarios interesados en el contenido de este documento para todos los usos que tengan finalidad académica, nunca para usos comerciales, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le de crédito al documento y a su autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, La Universidad de La Sabana informa que los derechos sobre los documentos son propiedad de los autores y tienen sobre su obra, entre otros, los derechos morales a que hacen referencia los mencionados artículos.

BIBLIOTECA OCTAVIO ARIZMENDI POSADA
UNIVERSIDAD DE LA SABANA
Chía - Cundinamarca

**VENTAJAS DE LA GERENCIA DE PROYECTOS DE PERFORACIÓN APLICANDO
CADENA CRITICA**

URIEL FERNANDO FERREIRA BALLESTEROS

CÓDIGO: 201420702

**UNIVERSIDAD DE LA SABANA
ESCUELA INTERNACIONAL DE CIENCIAS ECONOMICAS Y ADMINISTRATIVAS
MAESTRÍA EN GERENCIA DE OPERACIONES**

Chía, mayo de 2016

**VENTAJAS DE LA GERENCIA DE PROYECTOS DE PERFORACIÓN APLICANDO
CADENA CRITICA**

URIEL FERNANDO FERREIRA BALLESTEROS

Trabajo para optar al grado de Magíster en Gerencia de Operaciones

Asesor

HECTOR MIGUEL PAEZ CERVANTES

Maestría en Habilidades Directivas, Negociación y Comunicación.

**UNIVERSIDAD DE LA SABANA
ESCUELA INTERNACIONAL DE CIENCIAS ECONOMICAS Y ADMINISTRATIVAS
MAESTRÍA EN GERENCIA DE OPERACIONES**

Chía, marzo de 2016

DEDICATORIA

A mis padres, Teresa y Jorge por su amor incondicional, enseñanzas y sabios consejos.

A mis hermanos, sobrinos y familia por su apoyo y compañía.

A Elizabeth por su amor y paciencia.

A la Universidad de la Sabana por cimentar mi conocimiento y voluntad.

Uriel Fernando Ferreira Ballesteros.

AGRADECIMIENTOS

A todos los que de una u otra forma me ayudaron a terminar esta tesis de grado, a mi familia por su apoyo y comprensión, a Ecopetrol S.A. por su confianza al incluirme en el programa de postgrados. Un agradecimiento muy especial al profesor Héctor Miguel Páez Cervantes, por el tiempo dedicado, sus importantes aportes y recomendaciones que llevaron a buen puerto este trabajo.

Uriel Fernando Ferreira Ballesteros.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTOS	4
TABLA DE CONTENIDO.....	5
INDICE DE FIGURAS.....	8
INDICE DE TABLAS	9
GLOSARIO	10
RESUMEN	12
ABSTRACT.....	13
1. INTRODUCCIÓN	15
1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	15
1.2 MOTIVACIÓN DEL TEMA DE INVESTIGACIÓN.....	17
1.3 LIMITACIONES DEL ESTUDIO	17
1.4 OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....	18
1.4.1 Objetivo general.....	19
1.4.2 Objetivos específicos	19
1.5 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	19
2. MARCO TEÓRICO.....	21
2.1 ORIGEN DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES	21
2.2 ¿QUÉ ES LA TEORÍA DE RESTRICCIONES?	22
2.3 PROBLEMAS ACTUALES DE LAS ORGANIZACIONES.....	25
2.4 TIPOS DE RESTRICCIONES EN LAS ORGANIZACIONES	26
2.5 FUNDAMENTOS DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES	29
2.6 BENEFICIOS AL APLICAR TEORÍA DE RESTRICCIONES	33
2.7 APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES EN PRODUCCIÓN.....	35
2.8 GERENCIA DE PROYECTOS APLICANDO CADENA CRITICA	39
2.8.1 Ruta Crítica y Cadena crítica	40
2.8.2 La incertidumbre en los proyectos.....	44
2.8.3 Causas de la pérdida del tiempo de seguridad	44

2.8.4	Principales elementos que definen la CCPM.....	47
3.	HABILIDADES GERENCIALES	50
3.1	INTRODUCCIÓN A LOS PROCESOS DE PENSAMIENTO Y ENFOQUE DE LOS PROYECTO	50
3.2	MECANISMOS DE CONTROL PARA MANTENER EL ENFOQUE	51
3.3	ENFOQUE GERENCIAL.....	53
3.3.1	Toma de decisiones financieras	54
3.4	HERRAMIENTAS DE PENSAMIENTO DE TOC.....	56
3.4.1	Procedimientos lógicos	56
3.4.2	Proceso de pensamiento llamado “evaporación de la nube”	61
4.	PROCESO DE PLANEACIÓN DE UN PROYECTO PERFORACIÓN.....	66
4.1	ESTIMACIÓN DE TIEMPOS DE UN PROYECTO.....	69
4.2	FUENTES DE PÉRDIDA DE TIEMPO DE SEGURIDAD EN LAS ESTIMACIONES 73	
4.2.1	Síndrome del estudiante.....	73
4.2.2	Tareas múltiples	73
4.2.3	Dependencia entre pasos.....	74
4.2.4	Ley de Parkinson.....	74
4.3	CONFLICTO ENTRE LOS RECURSOS	75
5.	PROGRAMACIÓN DE LA CADENA CRÍTICA.....	78
5.1	ETAPAS EN LA PROGRAMACIÓN DE LA CADENA CRÍTICA	79
5.2	IDENTIFICACIÓN DE LOS AMORTIGUADORES	82
5.2.1	Amortiguador de proyecto	83
5.2.2	Amortiguador de alimentación	83
5.2.3	Amortiguador de recurso	83
5.3	UBICACIÓN DE LOS AMORTIGUADORES EN LA CADENA CRÍTICA Y LÍNEA DE ALIMENTACIÓN.....	85

5.4	GERENCIA DEL AMORTIGUADOR.....	85
5.5	ASPECTOS EN LA EJECUCIÓN.....	86
	CONCLUSIONES.....	88
	RECOMENDACIONES	92
	REFERENCIAS	94

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Localización Geográfica de los Campos de producción de GMA	18
Fig. 2 Proceso de producción.....	28
Fig. 3 Atención gerencial Vs. amortiguador de tiempo.....	38
Fig. 4 Ejemplo de ruta crítica.....	41
Fig. 5 Ejemplo de Cadena crítica.....	42
Fig. 6 Ejemplo de conflicto.....	57
Fig. 7 Ejemplo de conflicto con el deseo de cada lado.....	58
Fig. 8 Necesidades que se satisfacen.	59
Fig. 9 Inclusión del objetivo común.	60
Fig. 10 Inclusión del objetivo común.	60
Fig. 11 Nube de los proyectos de perforación.	61
Fig. 12 Nube para terminar el proyecto a tiempo.	63
Fig. 13 Curva de probabilidades.	71
Fig. 14 Nube para solucionar el conflicto entre recursos.....	76

INDICE DE TABLAS

Tabla. 1 Requisitos para un proyecto de perforación.	54
Tabla. 2 Pasos para abordar un problema.	58
Tabla. 3 Invalidando supuestos.	64
Tabla. 4 Supuestos para la aplicación de TOC.	66
Tabla. 5 Pasos de enfoque de TOC para CCPM.	66
Tabla. 6 Consideraciones en la planeación.	67
Tabla. 7 Secuencia de pasos para la planeación.	68
Tabla. 8 Problemas en la planeación.	69
Tabla. 9 Mecanismos para la inclusión de protección.	72
Tabla. 10 Ley de Parkinson.	74
Tabla. 11 Solución de conflicto por recursos.	77
Tabla. 12 Carencias de la gestión clásica de proyectos.	78
Tabla. 13 Beneficios de la programación con cadena crítica.	81
Tabla. 14 Ventajas de utilizar los amortiguadores.	84
Tabla. 15 Aspectos importantes en la gerencia del amortiguador.	86

GLOSARIO

- Amortiguador: En inglés llamado buffer, es un tiempo de contingencia que se ubica al final del proyecto, este tiene como fin proteger de las fluctuaciones la fecha de finalización del proyecto. El tamaño del amortiguador es mucho menor que la suma de todos los tiempos de contingencia del proyecto.
- Cadena crítica: Es un método de administración y planificación de proyectos que utiliza la teoría de restricción (TOC) para ofrecer una técnica práctica para planear, programar y controlar un sistema de uno o varios proyectos. Pone énfasis en los recursos requeridos para ejecutar las tareas.
- CCPM: Critical Chain Project Management, por sus siglas en inglés. Gerencia de proyectos por cadena crítica.
- Estimación: Es una medida racional que se podría considerar cercana a la realidad, de ninguna forma pretende ser un contrato o compromiso de aquellos que ejecutan la tarea.
- Eventos dependientes: Un evento o una serie de eventos que deben llevarse a cabo antes que otro pueda comenzar.
- Fluctuaciones estadísticas: Existen eventos que afectan los niveles de actividad de los distintos recursos productivos como la calidad de la materia prima, ausentismo laboral, falla de máquinas, cortes inesperados de energía, falta de materia prima, entre otros.
- Gastos operacionales: Es el dinero que la organización gasta para convertir los inventarios en throughput en un determinado tiempo. Aquí se incluye mano de obra directa e indirecta, costos de manejo de inventario, entre otros.

- **Inventario:** Para TOC el inventario se restringe únicamente al valor de los materiales. El uso tradicional de este concepto incluye costos de mano de obra directa y costos indirectos.
- **Restricción:** es aquello que le impide a un sistema alcanzar un mejor desempeño en relación a su meta.
- **Teoría general de los sistemas:** Se basa en la percepción del mundo real en términos de totalidades para su análisis, comprensión y accionar, a diferencia del planteamiento del método científico, que sólo percibe partes de éste y de manera inconexa. Da inicio al pensamiento sistémico.
- **Throughput o Trúput:** La definición convencional es producción total, pero desde el punto de vista de TOC solo se deben tener en cuenta las unidades vendidas y no todas las unidades producidas. El razonamiento de este cambio conceptual es que una unidad producida no genera dinero. Por lo tanto, el throughput se define como la velocidad a la cual el sistema genera dinero a través de las ventas. $\text{Throughput} = \text{Precio de venta} - \text{Costo de materia prima}$.
- **Tiempo de contingencia:** diferencia entre una estimación segura y con bajo riesgo (90% al 95% de probabilidad), respecto a una estimación 50% probable.
- **TOC:** theory of constraints, por sus siglas en inglés, teoría de restricciones y se define como la habilidad para construir y comunicar soluciones de sentido común.

RESUMEN

La industria de la exploración y producción de hidrocarburos actualmente está pasando una de las crisis más complejas. Como punto de partida tenemos el modelo económico actual, su ley de oferta y demanda hace que la cotización del barril de petróleo esté en sus mínimos históricos, debido a varios factores como la explotación de yacimientos no convencionales, el auge del fracturamiento hidráulico, disposiciones de la OPEP para mantener sus cuotas de mercado, decisiones geopolíticas, la desaceleración del crecimiento de China, entre otras causas, hacen que la oferta haya crecido y la demanda no marche al mismo ritmo precipitando el precio del barril a la baja.

Debido a este difícil contexto y a la dependencia económica que tiene Colombia a los commodities energéticos, especialmente al petróleo, empresas como Ecopetrol S.A. están abordando procesos de reinversión y búsqueda de mejores maneras de hacer sus procesos. En el escenario actual de escasos recursos para la ejecución de proyectos tanto exploratorios como de explotación en campos maduros, se deben encontrar enfoques diferentes que maximicen los resultados.

En este punto surge el Dr. Eliyahu Goldratt con su aplicación de teoría de restricciones llamada cadena crítica y nos responde preguntas como: ¿Cuáles son las mejoras al usar el método de gerencia de proyectos con cadena crítica en proyectos de perforación?, ¿Hay mecanismos de control efectivos para mantener al gerente de proyectos orientado en su objetivo de cumplir con el tiempo de entrega del proyecto?, así mismo, TOC entrega herramientas para mantener el enfoque gerencial, solucionar los problemas más conocidos en la planeación y programación, presenta soluciones para la competencia por recursos, de igual manera implementa un modelo

predictivo que permite tomar acciones con el objetivo de cumplir el tiempo de finalización del proyecto.

Palabras claves: Teoría de restricciones, gerencia de proyectos por cadena crítica, focalización gerencial, amortiguadores, competencia por recursos.

ABSTRACT

Currently the Oil and Gas industry is going through one of the most complex crisis. As a starting point we have the current economic model, its offer and demand law causes the oil price to be in the historic lowest value due to many factors such as the exploitation of unconventional reservoirs, the boom of hydraulic fracturing, the OPEP position to maintain its market share, geopolitical decisions, the Chinese economic slowdown, among others causes, motivates the increment of the offer and with a demand at a different pace, results in the decrease of the oil price.

Due to this complex scenario and Colombia's economic dependence on energy commodities, especially oil, companies like Ecopetrol S.A. are seeking better ways to execute their processes. In the current situation with scarce resources for the development of exploration and exploitation projects in mature oil fields, different approaches must be found to maximize results.

At this point Dr. Eliyahu Goldratt with his theory of restrictions called critical chain, answers questions such as: What are the improvements by using the critical chain project management on drilling projects? Are there effective control mechanisms to keep the project manager focus on his objective to meet deadlines? Likewise, the theory of constrains provide us with tools to keep the managerial approach, solve the most relevant issues during the planning and programming

stages, provides solutions for the resource competition as well as the implementation of a predictive model that allow us to make decisions with the objective to achieve all the project's milestones.

Key words: *Theory of constraints, critical chain project management, management focus, buffer, competition for resources.*

1. INTRODUCCIÓN

1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Enunciado del problema

El mundo actual presenta importantes retos para la sociedad, con problemáticas tan complejas como el deterioro del medio ambiente, inequidad mundial, proliferación de enfermedades infecciosas, limitaciones para el acceso a la educación, hambre y desnutrición infantil, conflictos internacionales, grandes divisiones (raciales, religiosas, entre otras) y el lento desarrollo de las economías emergente. Estos desafíos sumados a la velocidad del desarrollo científico y tecnológico, como el progreso de la genética, la electrónica y la informática, por nombrar solo algunos, muestran el camino que se abre para la humanidad donde los enfoques deben ser renovados por mejores formas de hacer las cosas para no ser relegados por el rápido avances tecno-científico en todos los campos de acción.

En el campo de los proyectos y más exactamente los proyecto en la industria del petróleo se vive un periodo de crisis mundial debido a las condiciones del mercado que producen la caída del precio internacional del barril de crudo, llevando a una baja rentabilidad de los proyectos en campo maduros que requieren altas inversiones en áreas como las facilidades de superficie, gestión inmobiliaria, obras civiles, gestión social, entre otras, obteniendo bajos o nulos beneficios reflejados en retornos de la inversión realizada, ya que las producciones de crudo en este tipo de campos son bajas con respecto a cuencas nuevas.

Los desafíos que enfrenta la gerencia de proyectos en entornos complejos se debe a los siguientes aspectos: administración de recursos humanos muy especializados, altas inversiones económicas, frecuentes cambios en los alcances, ambientes de trabajo donde no hay prioridades claras, conflictos entre las áreas, incumplimiento de las fechas de entrega, malas estimaciones de

tiempo y ambientes laborales poco productivos. Además, la incertidumbre que tienen todas las actividades que se realizan desde la planeación hasta la ejecución, hacen que la mayoría de los proyectos de perforación no se termina en el tiempo planeado, tampoco en el costo esperado, ni con la calidad requerida.

Cuando la gerencia de proyectos tiene un problema, habitualmente éste se aborda dentro de un marco de pensamiento cartesiano que busca soluciones aisladas. En consecuencia, no se interrelacionan todos los elementos de una compañía de forma holística para buscar la solución. En otros términos, la gerencia actual de proyectos solo aborda los síntomas generando soluciones paliativas sin atacar la causa raíz de los problemas y sin encontrar una mejora significativa al desempeño del proyecto.

Formulación del problema

En virtud a lo anterior, el presente trabajo se orienta al análisis de la problemática de los proyectos de perforación y específicamente a la aplicación de los conceptos de la Gerencia de proyectos por cadena crítica. Por lo tanto, el estudio busca responder los siguientes interrogantes:

- ¿Cuáles son las mejoras al usar el método de gerencia de proyectos con cadena crítica en proyectos de perforación?
- ¿En ambientes de proyecto complejos, la metodología propuesta por CCPM entrega mejores mecanismos de control para mantener al gerente de proyectos enfocado?
- ¿Cuáles son los problemas en la planeación que lleva a incumplimientos desde las etapas iniciales en los proyectos de perforación?
- ¿Es posible implementar un modelo predictivo en un proyecto de perforación que permita tomar acciones antes de incumplir el tiempo de entrega del proyecto?

1.2 MOTIVACIÓN DEL TEMA DE INVESTIGACIÓN

La motivación de este proyecto de grado reside en el interés que los proyectos de perforación ejecutados en la Gerencia de operaciones de desarrollo y producción de mares - GMA cumplan el tiempo de entrega inicial y que éstos al ejecutarse no se vean afectados por una planeación y programación inadecuada. Por otra parte, se aplicaran técnicas de control que mantengan enfocado al Gerente de proyectos. Por tal motivo, se trabajó en buscar una solución que ayude, no solo al líder del proyecto sino a todo el grupo de proyectos, a encontrar el mejor camino para ejecutar una iniciativa donde las fluctuaciones estadísticas, la incertidumbre y la competencia por los recursos sean tratadas correctamente y no afecten el cumplimiento del tiempo prometido de entrega del proyecto.

En consecuencia, para lograrlo se empleó la Teoría de Restricciones formulada por el Dr. Eliyahu Goldratt, en su aplicación para gerencia de proyectos llamada Cadena Crítica, la cual usa conceptos como amortiguadores de alimentación, amortiguadores de proyectos, le da un manejo especial a la competencia por recursos, construye procedimientos lógicos de causa – efecto, entre muchas otras nuevas interpretaciones y nuevo conocimiento.

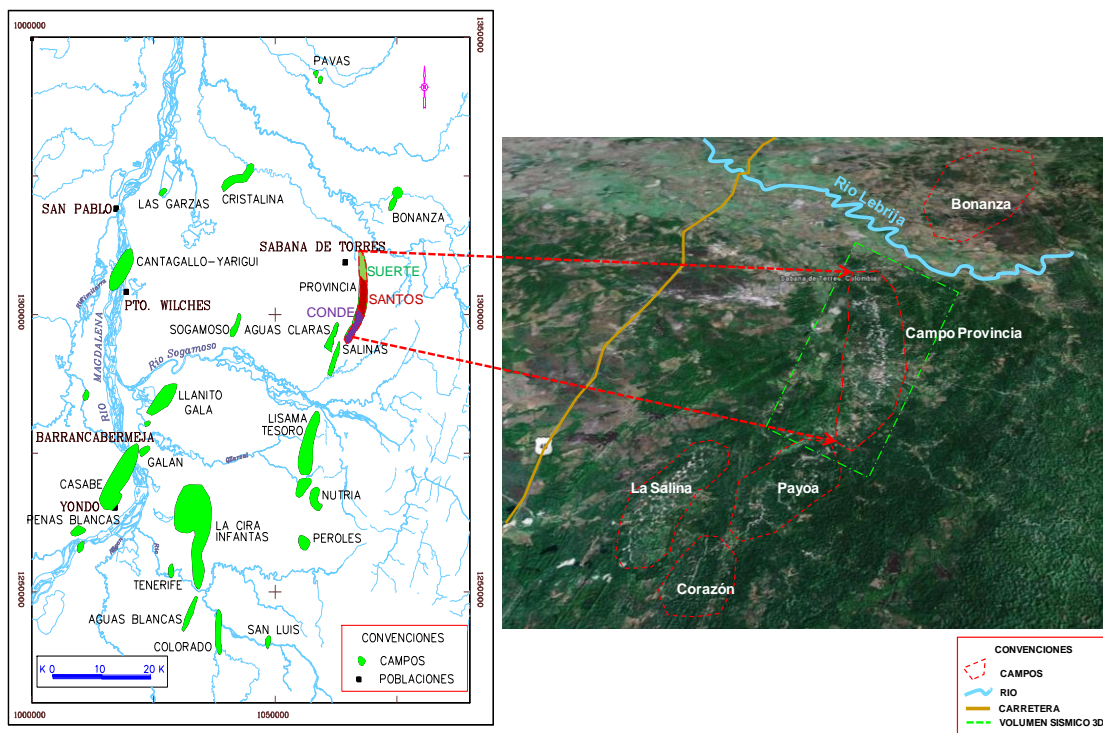
1.3 LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Las limitaciones dentro de las cuales se realizó la investigación son las siguientes:

- Limitación de espacio o territorio: El espacio geográfico dentro del cual se realizó la investigación son las área operativas de la Gerencia de operaciones de desarrollo y producción de mares – GMA de Ecopetrol S.A., en los departamentos de Santander y

Cesar, donde pertenecen políticamente las Coordinaciones de producción de los Campos Llanito, Lisama y Provincia.

Fig. 1 Localización Geográfica de los Campos de producción de GMA



Fuente: Ecopetrol S.A.

- Limitación de tiempo: El trabajo de investigación es prospectivo, por lo tanto se realizó el análisis de las estrategias a utilizar en los próximos proyectos de la Gerencia de operaciones de desarrollo y producción de mares – GMA de Ecopetrol S.A.

1.4 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Los siguientes fueron los objetivos que orientaron este estudio:

1.4.1 Objetivo general

Estructurar la aplicación general del modelo de gerenciamiento de proyectos por cadena crítica (CCPM), en las etapas de planeación y programación en los proyectos de perforación de pozos para la Gerencia de operaciones de desarrollo y producción de mares de la Vicepresidencia regional central de Ecopetrol S.A.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar cuáles son los problemas más comunes en la planeación de un proyecto de perforación, planteando las soluciones según el método CCPM.
- Diseñar las etapas para la programación en un proyecto de perforación usando las pautas de la gerencia de proyectos por cadena crítica.
- Identificar los mecanismos de control para que el gerente de proyectos mantenga el enfoque en su objetivo, el cual es cumplir con el tiempo de entrega del proyecto.

1.5 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación que se realizó corresponde a un estudio de caso, “consiste en estudiar a profundidad o en detalle una unidad de análisis específica, tomada de un universo poblacional. El caso o unidad de análisis puede ser una persona, una institución o empresa, un grupo, etcétera” (Bernal, 2010, p.122). En nuestro caso nos centraremos en la administración de proyectos de perforación para la Gerencia de operaciones de desarrollo y producción de mares de Ecopetrol S.A.

Con esta investigación buscamos obtener resultados positivos para Ecopetrol S.A. que le permitan ejecutar proyectos rentables, con los resultados previstos en el tiempo esperado y de esta forma generar valor para los grupos de interés dentro y fuera de la organización.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 ORIGEN DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES

Muchos estudiosos afirman que la empobrecida competencia internacional es producto de prácticas obsoletas y deficiencias en los procedimientos contables y financieros. Los Gerentes y la misma academia ha buscado una teoría administrativa que pueda conseguir enfocar su estrategia para conseguir mejoras sustanciales sin mayor inversión y con un ciclo de mejora continua, encontrando en TOC (theory of constraints por sus siglas en inglés o teoría de restricciones) la respuesta a sus necesidades (Abisambra&Mantilla, 2008).

Como muestra el artículo de la revista Dinero de septiembre de 2012, en Colombia TOC como herramienta gerencial no ha sido explotado con el gran impacto que tiene para incrementar utilidades, debido a la dificultad de persuadir a la alta Gerencia que cambiando paradigmas y proponiendo políticas diferentes a las aceptadas, se producen resultados contundentes en el corto plazo, logrando ser competitivos en un entorno de mercados cambiantes y de crisis mundial.

Según el artículo publicado por Héctor Debernardo en la página web de Cimatic.com.mx llamado “*Nacimiento y evolución de la Teoría de las Restricciones (TOC)*”, el nacimiento de la teoría de restricciones se dio en los años 70’s cuando Eliyahu M. Goldratt doctor en física junto a su hermano, desarrollo un algoritmo de programación de producción que ayudó a que la empresa donde se aplicó incrementara su producción en un 40%. Luego fundaron la empresa Creative Output, que desarrollo un software para la programación de producción basado en el algoritmo que desarrollaron. La experiencia le demostró al Dr. Goldratt que su revolucionario método exigía mucho más que implementar un software, requería el cambio de políticas y criterios para la toma de decisiones. En ese momento nació la idea de escribir “La Meta” para explicar cómo se debería gestionar las operaciones de una empresa. Después del éxito de “La Meta” el Dr.

Goldratt decide fundar una nueva organización, el Avraham Y. Goldratt Institute (AGI), cuyo objetivo es generar y diseminar el conocimiento de TOC. Como resultado se pudo propagar TOC a todas las áreas de una compañía (operaciones, distribución, abastecimiento, ventas, marketing, estrategia, toma de decisiones, ingeniería, gestión de proyectos y recursos humanos) hasta los procesos de pensamiento. Para el desarrollo de TOC en las diferentes áreas el Dr. Goldratt se basó en el pensamiento sistémico, tomó conceptos de la teoría de colas y teoría estadística de agregación, empleó el método de costos directos, el concepto de Throughput y hasta el sentido común. El gran mérito del Dr. Goldratt es haber encontrado la forma de unir estas herramientas para que cualquier persona o empresa pueda usarlas y tener una alta probabilidad de obtener buenos resultados.

2.2 ¿QUÉ ES LA TEORÍA DE RESTRICCIONES?

Pirasteh (2007) afirma: “En últimos 25 años se han introducido grandes filosofías de gestión para la mejora continua de los procesos y operaciones para alcanzar la excelencia cambiando paradigmas y desafiando las suposiciones existentes” (p.5).

TOC surge de la teoría general de sistemas, que en su definición más corriente identifica los sistemas como conjunto de elementos que guardan relación entre sí, que mantienen al sistema unido de forma estable y cuyo comportamiento persigue el cumplimiento de algún objetivo (Estepa, 2009). TOC ve a cualquier empresa como un sistema con elementos interdependiente. El desempeño global del sistema depende de los esfuerzos conjuntos de todos los elementos que lo componen (Caicedo, 2005).

La ingeniería industrial y la administración de empresas desde su origen han querido modelar los sistemas que estudian, los cuales son las organizaciones y los sistemas productivos. Su estudio se

ha basado en descomponer los sistemas que analizan, observando la interacción de sus componentes tratando de establecer reglas. Un ejemplo es la planeación de requerimientos de materiales, de una fecha de entrega en el futuro debemos regresar en el tiempo para planear las necesidades de materias primas, uso de máquinas y otros para definir en qué momento inicio el proceso de manufactura. El nuevo enfoque presentado por Eliyahu Goldratt se enfoca en tratar de entender cómo se comportan los sistemas productivos en lugar de ordenarles cómo deben funcionar. En otras palabras, en lugar de usar modelos normativos propuso el uso de modelos descriptivos (Manotas, Manyoma & Rivera, 2003).

La TOC se considera una filosofía poderosa que aún se encuentra en pleno desarrollo, pues aún necesita de un grado completo de sistematización y formalización, no obstante, el número creciente de empresas y profesionales que aplican cada día los fundamentos de esta teoría. Las implementaciones ofrecen resultados en aspectos como reducción en los tiempos de entrega de los productos, reducción en los inventarios, incremento de las utilidades y de los clientes potenciales, ente otros (González, Ortigón & Rivera. 2003).

La organización internacional de Certificación en Teoría de Restricciones (TOCICO, 2014) define a TOC como una filosofía de gerencia holística que está basada en el principio de los sistemas complejos y desarrolla el concepto de simplicidad inherente, es decir, un sistema complejo compuesto de cientos de personas y equipos tiene sólo un pequeño número de variables, quizás sólo una conocida como la restricción, que realmente limita la capacidad de generar más de la meta del sistema.

Así mismo, Watson, Blackstone & Gardiner (2007), reconocen que TOC es un enfoque pragmático y holístico de mejora continua, que cubre varios campos bajo una base teórica común, y se compone de un conjunto integrado de herramientas centrado en aquellas cosas que

limitan un mayor rendimiento con relación a la meta de la organización. Una mejor comprensión de detalles técnicos y variables ambientales es necesaria para asegurar la aplicación con éxito y tener una aceptación más amplia.

González et al. (2003) afirma referente a TOC: “enseña de una forma ordenada y de sentido común cómo lograr un mejoramiento continuo y visible en términos de utilidades, administrando el recurso más débil (la restricción) que existe en cualquier organización para convertirlo en una ventaja” (p.29). Cuando se menciona el mejoramiento continuo se hace referencia al mejoramiento de procesos, a como se solucionan los problemas, al análisis de los costos, a la administración del talento humano, a la programación efectiva de la producción, a la correcta caracterización de cuál es la restricción de la compañía y cómo está afecta la satisfacción del cliente y el crecimiento económico de la empresa.

Davies, Mabin & Balderstone (2005) exponen que los métodos de TOC comprenden un enfoque multimétodo, y puede ser considerado como un conjunto metodológico. También observan el potencial para continuar el debate de si el amplio paraguas de TOC puede ser considerado como una metametodología, un metamarco o un enfoque multimetodológico.

Como lo expone Manotas et al. (2003), uno de los problemas a los que se enfrenta las ciencias empresariales son las modas que imponen autores famosos que llevan a los empresarios y académicos a entrar en el juego de sugerir que lo anterior no sirve. Mientras tanto TOC no requiere del desmonte de lo hecho anteriormente, lo único que exige es un nivel importante de evolución en la organización, buscando construir sobre lo hecho y aprovechar los avances logrados.

Gupta, Bhardwaj & Kanda (2010) aseguran que TOC es un kit de herramientas completo en sí mismo, que se puede utilizar para identificar y resolver los problemas que enfrenta cualquier

organización. Muchos de estos conceptos son contradictorios con el pensamiento clásico basado en la contabilidad de costos. Pero, si es bien aprendido y practicado, este puede ser un importante instrumento en la caja de herramientas de un gerente.

Finalmente, TOC es aplicada para mejorar una organización, basándose en herramientas de resolución de problemas y toma de decisiones mediante un proceso de pensamiento propio. TOC es aplicada para responder lógicamente tres preguntas del proceso de mejora continua: ¿Qué cambiar?, ¿Hacia qué cambiar? y ¿Cómo causar el cambio? (Perdomo & Vargas, 2013).

2.3 PROBLEMAS ACTUALES DE LAS ORGANIZACIONES

Los problemas que aquejan a las organizaciones según el artículo de Orlando Aguilar son causados por evaluar, manejar y estructurar por partes a la empresa (Departamentos, secciones, etc.) y no como un todo, algunos de los resultados son:

- Rendimientos menores de los esperados (rentabilidad baja del negocio).
- Dificultad para asegurar y mantener una ventaja estratégica y competitiva.
- Problemas financieros al no obtener la utilidad esperada.
- Estar siempre apagando incendios, tener a la compañía en modo supervivencia.
- Dificultades para llenar las expectativas reales de los clientes (incumplimiento de la promesa de valor).
- Convivencia con conflictos crónicos sin resolver entre las distintas partes que conforman la organización, y cuya única salida es “echarle la culpa al otro”.

- Generación de soluciones particulares que atacan los síntomas y no la causa raíz de los problemas de la organización, al no ver la organización como un todo.

Algunas organizaciones han entendido que reaccionar al cambio o seguir una moda no puede convertirse en la estrategia de la compañía, por lo tanto, han evolucionado hacia una visión de mejora continua lo cual ayuda a dar un enfoque más claro al rumbo de la empresa.

2.4 TIPOS DE RESTRICCIONES EN LAS ORGANIZACIONES

TOC propone cuatro tipos de restricciones. Restricciones físicas, tangibles como máquinas, materiales, un proveedor, etc. Restricción de mercado, actores externos que impulsan la demanda. Restricciones políticas, como prácticas o procedimientos internos contrarios a su productividad. Por último, restricción gerencial, donde se estudia la atención del gerente como un limitante para la organización, tema que se ampliará a continuación.

Un tema muy relevante en el análisis de TOC es la restricción gerencial, tópico que es desarrollado en un video publicado por el Dr. Goldratt en el año 2013, donde explica que la atención gerencial de una empresa es finita, no obstante en las organizaciones hay demasiados aspectos que la requieren. Por lo tanto, la atención gerencial es un cuello de botella en todas las organizaciones, debido a que la demanda es mayor a la capacidad disponible. Además algunas veces la capacidad disponible se desperdicia o se usa de manera no adecuada desviándose del objetivo causando contratiempos en lugar de crear beneficios. La atención gerencial en muchas organizaciones pasa de ser un cuello de botella a ser la restricción o el factor que limita su desempeño.

Como se establece que la desviación de la atención gerencial es una situación común en las organizaciones, el autor fundamenta este hecho en tres aspectos del comportamiento humano fundamental (Goldratt, 2013):

1. Miedo a los sistemas complejos. Generalmente se soluciona dividiendo en subsistemas, lo cual genera un problema de óptimos locales que no están alineados a los objetivos globales.
2. Miedo a los desconocido, lo que lleva a que se busquen soluciones más y más finas desviando la atención gerencial a optimizar el ruido.
3. Miedo a que los conflictos generen la guerra, desviando la atención gerencial al cumplimiento de compromisos inaceptables.

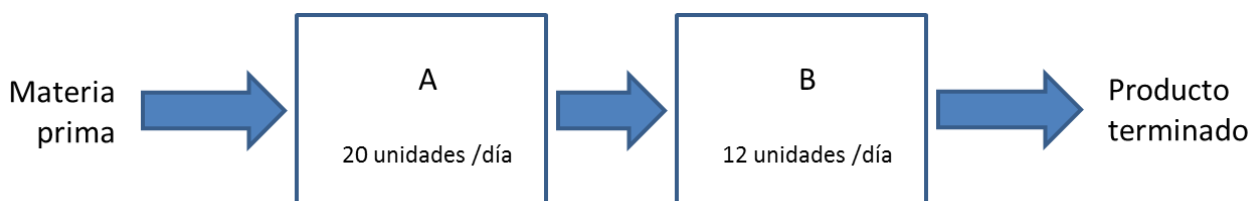
Al conecta el análisis anterior con temáticas como estrategia, contabilidad, cadena de suministros, ventas entre otros, generan una nueva oportunidad para mejorar el desempeño organizacional (Goldratt, 2013).

También TOC le proporciona al analista una manera estructurada e inteligente de concentrar esfuerzos. Si solo concentramos esfuerzos en la restricción será más efectivo, contrario a trabajar a los largo de todo el sistema, ya que su impacto sería invisible (Manotas et al. 2003).

En el artículo de Héctor Debernardo llamado ¿Qué Meta persiguen las organizaciones, ganar dinero o ahorrarlo?, publicado en la página web de Cimatic.com.mx, presenta la diferencia entre el pensamiento cartesiano y el pensamiento sistémico que se deriva de la teoría general de los sistemas. Para deducir sus diferencias presenta un sencillo ejemplo que se expone a continuación. En la producción de una empresa intervienen dos recursos (A y B) para elaborar un

único producto. Hipotéticamente los clientes consumen todo lo que se produce. En el siguiente gráfico se presenta el proceso.

Fig. 2 Proceso de producción



Fuente: Tomada de ¿Qué Meta persiguen las organizaciones, ganar dinero o ahorrarlo?. Debernardo, 2013.

La materia prima es procesada por la máquina A con una velocidad de 20 unidades por día, luego pasa a la máquina B donde se procesa a una velocidad de 12 unidades por día. Se tienen dos consideraciones importantes, los proveedores están en la capacidad de suministrar toda la materia prima necesaria y los clientes compran todo el producto terminado (Debernardo, 2013).

¿Cuál es la velocidad a la que deben funcionar los recursos A y B para obtener el mayor rendimiento? La respuesta correcta es que los recursos deben trabajar a un ritmo de 12 unidades por día, ya que si la máquina A trabajara a 20 unidades por día se generaría una acumulación de 8 unidades de producto semielaborado al día entre las dos operaciones. Ahora surge una nueva pregunta, ¿Cuál es la eficiencia de A trabajando a 12 unidades por día?, sería del 60%. Por lo tanto, ¿Qué sucederá cuando el supervisor de la máquina A se dé cuenta de su baja eficiencia?, el supervisor le sugerirá a los operarios que den lo mejor de sí, que trabajen al máximo. ¿Al final que pasará con el recurso A, al ser recriminado por su supervisor?, inevitablemente se acumulará producto semielaborado entre las máquinas A y B a razón de 8 unidades por día. Este ejemplo

demuestra claramente la tendencia a medir los recursos en función de lo que es capaz de dar y no de lo que es mejor para todo el sistema. Es un error creer que el máximo rendimiento se logra cuando todos los componentes trabajan al máximo. Esto es el pensamiento cartesiano, tendencia generalizada hasta la mitad del siglo XX. Mientras que el pensamiento sistémico o paradigma sistémico sostiene que el máximo de rendimiento del sistema se logra solo cuando algunos componentes claves trabajan al máximo. Si bien cada día se arraiga más el concepto de tratar a una empresa como a un sistema, la mayoría de leyes, códigos y reglas que usamos para la toma de decisiones de todo tipo (gestión, mejora, estrategia, etc.) y nivel (gerencial, operativo, etc.) se basa en el pensamiento cartesiano (Debernardo, 2013).

2.5 FUNDAMENTOS DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES

TOC se basa en las siguientes ideas (Goldratt & Cox, 1984):

- La meta de cualquier empresa es llegar a ser una empresa siempre próspera de forma estable. Si no lo logra, es porque algo se lo está impidiendo: sus restricciones.
- Contrariamente a lo que se cree, solo unas pocas restricciones son las que impiden a las empresas ganar más dinero y ser próspera.
- La restricción no es sinónimo de recurso escaso, además es imposible tener acceso infinito a los recursos. Generalmente lo que impide a las organizaciones alcanzar su máximo desempeño son criterios de decisión erróneos.
- Uno de los conceptos claves de TOC son los cinco pasos de enfoque o proceso de focalización, que permiten gestionar una empresa y enfocar los esfuerzos de mejora. Los cinco pasos son los siguientes: 1. Identificar las restricciones del sistema, que impide que el sistema logre más de la

meta. 2. Decidir cómo explotar las restricciones del sistema. 3. Subordinar todo lo demás a la decisión anterior. 4. Elevar las restricciones del sistema. 5. Si en los pasos anteriores se rompe la restricción, volver al paso 1 para identificar la nueva restricción.

Castillo, Candelier & Candelier (2012) afirman:

Lejos de ser un dolor de cabeza, Las restricciones son una bendición para los gerentes solo si se las identifica correctamente. Por el contrario, cuando las ignoramos, perdemos control y el sistema se desestabiliza. Precisamente, son los paradigmas no cuestionados y las políticas y procedimientos originados en ellos lo que nos llevan a ignorar la existencia de las restricciones. (p.13)

Abordando las implicaciones financieras en la teoría de restricciones, los procesos de toma de decisiones fundamentados de manera exclusiva en información contable son totalmente errados. El Dr. Goldratt propone otros indicadores que procuran medir el objetivo real de cualquier empresa, ganar dinero y ser sostenible en el tiempo. Estos indicadores son:

- Throughput.
- Inventarios.
- Gastos operacionales.

El autor propone la “contabilidad del Throughput” que es contrario al mundo de los costos. Como lo menciona el Dr. Goldratt en su libro La Meta, el objetivo de una empresa es ganar dinero ahora y en el futuro. Este objetivo primordial de una empresa, se puede transformar en lo que hoy se llama creación de riqueza para los accionistas.

TOC se creó como forma de administrar los ambientes industriales con el objetivo de crear mayor valor con sus operaciones en el corto y largo plazo. En general lo que se busca es

aumentar el throughput (ingresos por ventas), disminuyendo los inventarios y gastos operativos. En consecuencia, lo que pretende TOC en cualquier operación compleja con gran cantidad de recursos interdependientes (maquinas, instalaciones, centros de trabajo, etc), es determinar cuáles gobiernan el proceso y condicionan la producción total de la planta. Lo primero que tiene que hacer cualquier compañía que quiera implementar TOC, es conocer sus procesos desde una visión sistémica y el papel clave de los cuellos de botella para poder implementar soluciones simples y lógicamente comprensibles para sus problemas (Goldratt & Cox, 1984).

Uno de los principios más poderosos de TOC, es que los recursos de producción no son independientes, sino son una cadena de eslabones interdependientes trabajando con un solo objetivo, generar throughput. Del mismo modo que en una cadena el eslabón más débil determina la resistencia de la cadena, solo algunos recursos críticos (o cuellos de botella) determinan el rendimiento de una fábrica. Identificando y gestionando con prioridad estos recursos críticos, es posible administrar con buen criterio el flujo de una fábrica. Los recursos que no son críticos deben servir a los que sí lo son (Goldratt & Cox, 1984).

El método llamado Drum-Buffer-Rope (Tambor - Inventario de Protección - Cuerda) es la forma de aplicación de TOC, donde el drum (tambor) es el cuello de botella que marca el paso para la producción del artículo. El buffer es un amortiguador basado en tiempo, esto es muy importante porque un buffer basado en inventario es contrario a los planteamientos de TOC (inventario de seguridad). Para profundizar en este buffer o amortiguador, lo que se busca es que el material llegue a ciertos puntos críticos con cierta anticipación. El tiempo de preparación y ejecución necesario para todas las operaciones anteriores al Drum, más el tiempo del Buffer, es llamado "Rope-length" (longitud de la cuerda). Esto es el tiempo de liberación de materias primas a la planta la cual está atada al Drum. Ningún material puede entregarse antes de la longitud de la

cuerda, lo que sincroniza todas las operaciones de la planta, generando un continuo y rápido flujo (Goldratt & Cox, 1984).

Por ejemplo, la administración del amortiguador o buffer ayuda al gerente de mantenimiento a decidir la prioridad de los trabajos de mantenimiento, si dos o más personas se acercan, al mismo tiempo, quejándose de dos o más averías diferentes. El gerente de mantenimiento por lo general decide acerca de la prioridad de asistirlos sobre la base del volumen de su grito. Mientras tanto, la administración del amortiguador le proporciona una base racional para tomar una decisión en este tipo de situaciones (Bhardwaj, Gupta & Kanda, 2010).

Marín & Gutiérrez (2013), afirman que la aplicación del método Drum-Buffer-Rope permitió mejorar la sincronización de las operaciones de la cadena de suministro, ayudó a identificar la restricción del eslabón más débil para posteriormente potencializarla. Después, definió el amortiguador y finalmente, se diseñó una herramienta contable para cuantificar el impacto de la implementación del método. Resultados obtenidos con el método: reducción en los cambios de las etapas de producción, incremento de la productividad, reducción de inventarios, balanceo en el sistema de producción y un incremento en el cumplimiento de las entregas.

En suma, Naor, Bernardes & Coman (2013) creen que TOC satisface de forma global los requisitos de una buena teoría. Además, en su estudio se refleja una mejora en el proceso científico de los investigadores, verificando empíricamente los principios de TOC y mejorando así el cuerpo acumulativo de conocimientos.

2.6 BENEFICIOS AL APLICAR TEORÍA DE RESTRICCIONES

A continuación se presentan algunos resultados obtenidos al aplicar TOC (Goldratt & Cox, 1984):

- Reducción del lead time (tiempo desde la orden de pedido hasta la puesta en servicio).
- Mejora en el cumplimiento de las fechas de entrega.
- Reducción en los inventarios.
- Incremento de las ventas (Throughput).
- Incremento de las utilidades netas.
- Reducción de los gastos indirectos de manufactura (activación, fletes extraordinarios, horas extras).

Para alcanzar los beneficios mencionados, es necesario establecer un medio ambiente de proyectos que integre elementos de la conducta humana y métodos operativos efectivos (Duval & Cruz, 2013).

Coronado, López & Gonzalez (2012) refieren que otro beneficio es la mejora en la moral y la efectividad del personal involucrado en el proyecto, debido a que se opera en un ambiente que se encuentra cómodo con la incertidumbre y donde se evita la micro administración individual.

Según Gonzáles et al. (2003) Antes de emprender cualquier proceso de mejoramiento o de aplicación de algún modelo o metodología, es necesario ordenar la casa, el responsable de la implementación debe conocer en profundidad la empresa, los procesos, los proveedores, los clientes, el mercado, entre otros, lograr una claridad en los aspectos administrativos, productivos y de calidad básicos, para así garantizar la efectividad y sostenibilidad de cualquier avance que se logre. Los siguientes son algunos requisitos antes de iniciar la implementación de TOC.

- Tener una visión y objetivos claros a mediano y largo plazo.
- Contar con la autorización, participación y liderazgo de la alta gerencia.
- Que la compañía posea un buen sistema de comunicación y flujo de información a través de las diferentes áreas.
- Que tanto las áreas administrativas como las operacionales tengan una mentalidad abierta y responsable frente al cambio.
- Tener un buen sistema de recursos humanos, con empleados capacitados e involucrados.
- Que cuente con la infraestructura para realizar los cambios propuestos.
- Tener un buen sistema de administración de la calidad y un enfoque a la satisfacción del cliente.
- Tener procedimientos debidamente estandarizados y socializados en todos los niveles de la empresa.
- Contar con registros de ventas, con el objetivo de conocer la demanda actual y la futura.

Antes de cualquier cambio o implementación metodológica la Compañía debe estar preparada teniendo clara su estrategia, contar con la organización para cumplirla, unas instalaciones y que las implementaciones no sean producto de moda o caprichos, sino la respuesta a los retos del mercado o entorno del negocio (González et al. 2003).

Según Montalvo en su artículo de 2011 en la página web reflexiones estratégicas, para saber si la estrategia utilizada en la empresa es buena, se debe satisfacer las siguientes condiciones:

1. Debe guiar a la empresa a ganar dinero tanto ahora como en el futuro.
2. Ofrecer un entorno seguro y satisfactorio a nuestro personal tanto ahora como en el futuro.

3. Ofrecerle satisfacción al mercado (clientes, proveedores, entorno) tanto ahora como en el futuro.

TOC aporta una nueva dimensión a la filosofía de gestión y proporciona un interesante desafío a la tradicional forma de ver la rentabilidad de una organización (Izmaillov, 2014). La estrategia debe guiarnos a alcanzar la meta de la empresa, si en la práctica no lo hace, no es una buena estrategia. Es posible que de primera mano se crea que es imposible satisfacer estas tres condiciones, pero el reto de una empresa es definir una estrategia que erradique el conflicto en estas tres condiciones y las englobe en un solo hecho (Montalvo, 2011).

Asimismo, Marris (2007) comparte una reflexión muy importante:

“Si no hay suficientes historias simples y básicas de éxito de TOC que se promuevan todos los meses y en todo el mundo, hay un riesgo que el resto de las ideas de la teoría de restricción no encuentren un público fuera de la comunidad de TOC” (p.17).

2.7 APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES EN PRODUCCIÓN

Es relativamente fácil encontrar libros del Dr. Goldratt y otros autores donde se encuentre el conocimiento desarrollado para la formulación de la teoría de restricciones, pero es extremadamente difícil encontrar bibliografía de quienes la usan y cómo la han implementado. Esto se puede explicar en el hecho de que muchas empresas consideran a TOC como una ventaja competitiva (Debernardo, 2012).

No obstante, actualmente alrededor del mundo muchas organizaciones han implementado TOC en sus cadenas de producción, dentro de las que podemos destacar: General Motors, AT&T, Ford Electric, Intel Internacional, Delta Airlines (Pérez, Montero & Tavarez, 2012).

Así mismo, casos como los presentados en el artículo escrito por el Dr. Goldratt, titulado: Sobre hombros de gigantes, publicado en 2008 e incluido en la edición especial de 30° aniversario de la primera publicación de La Meta por la editorial Granica, muestra como Taiichi Ohno, creador del sistema TPS (Toyota Production System), realizó la aplicación del modelo de producción Lean para que se adaptara a su empresa, así mismo, se plantea lo realizado por la compañía Hitachi Tool Engineering Ltd. con la aplicación de sistema Tambor – Amortiguador – Cuerda, que se explicará en detalle más adelante. De modo que el entorno de producción ha sido moldeada por dos grandes pensadores: Henry Ford y Taiichi Ohno, el primero introdujo el ensamblaje en línea, que se basa en cuatro conceptos:

1. El objetivo primario de las operaciones es mejorar el flujo.
2. Crear un mecanismo práctico que indique cuando detener la operación para impedir la sobreproducción.
3. Las eficiencias locales son eliminadas.
4. Aplicar un proceso que permita equilibrar el flujo.

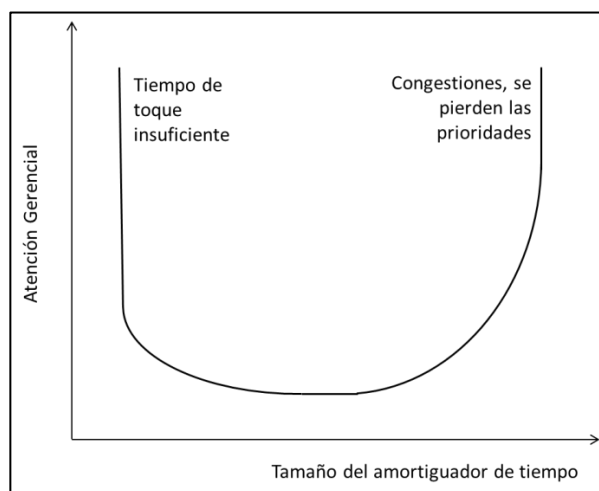
Cuando Ohno quiso aplicar los cuatro conceptos anteriores en Toyota, tuvo problemas con el segundo, ya que en Japón la demanda era de cantidades pequeñas para una gran variedad de automóviles por lo que aplicar una línea de producción era todo un reto. Encontró la respuesta al limitar la acumulación de cada componente específico, como los productos de un supermercado en la estantería. Diseñó el sistema Kanban enfocado al inventario y no al espacio como Ford. Fundamentalmente el sistema Kanban le dice a cada centro de trabajo cuando y qué debe producir, pero lo más importante le indica cuando no debe producir. Tomar este modelo significa terminar con las eficiencias locales. La aplicación del sistema Kanban no fue fácil, encontrando

su mayor reto en disminuir el tiempo de preparación en los centros de trabajo. Un aspecto importante al aplicar cualquier nuevo sistema es conocer con detalle los supuestos, ya que esto puede significar el triunfo o el fracaso, pues existe diferencia entre la aplicación y los conceptos esenciales en los que se basa (Goldratt, 2008).

Para limitar la sobreproducción el enfoque que usa Ford es limitar el espacio, Ohno reduce el inventario, pero una solución más intuitiva es manejar el tiempo, es decir retener el material si se quiere impedir la producción antes de tiempo. La fortaleza de este método basado en el tiempo reside en que limita la carga total de trabajo de todo el sistema y no solamente entre dos centros de trabajo. Por lo tanto, la sensibilidad de la línea de ensamble y el sistema Kanban radica en que una perturbación en un centro de trabajo afecta a los centros de trabajo anteriores y posteriores, mientras que en sistemas basados en tiempo la perturbación es inexistente debido a que una vez liberado el material en un centro de trabajo no encuentra restricciones artificiales (espacio o inventario) (Goldratt, 2008).

El problema de usar un sistema basado en tiempo es calcular el tiempo apropiado de liberación de material. Para resolver esta dificultad debemos incluir en el análisis un concepto llamado amortiguador de tiempo, ubicado entre la liberación del material y la fecha de entrega del producto terminado. El uso de amortiguadores de tiempo muy largos genera un mayor tiempo de respuesta pero incrementa el trabajo en proceso, lo que genera congestiones en el tráfico de material en proceso, lo que incrementa la atención gerencial para implantar prioridades (el concepto de atención gerencial desde el punto de vista de TOC será desarrollado más adelante). La siguiente figura muestra esquemáticamente lo antes dicho (Goldratt, 2008).

Fig. 3 Atención gerencial Vs. amortiguador de tiempo.



Fuente: Tomada de Standing on the Shoulders of Giants. Goldratt, 2008.

Generalmente las empresas que usan tamaños de lotes de más de diez unidades, manejan un sistema real de prioridades así: “deje todo y hágalo ya”. Estas empresas están ubicadas en la parte alta del lado derecho de la figura anterior. Las empresas que se ubican en este punto de la gráfica tienen tiempos de respuesta muy altos, los inventarios son elevados y no cumplen con las fechas de entrega, además de una alta atención gerencial. La situación podría mejorarse si se escogiera un amortiguador de tiempo más corto (igual a la mitad del tiempo de producción o de respuesta) para ubicarse en la parte más plana de la gráfica a costa de revocar las eficiencias locales. Los beneficios son reducir el tiempo de entrega y eliminar el exceso de inventario e inventario en proceso. No obstante, se debe implementar un sistema de prioridades, dado el entorno de producción con gran variabilidad, a través de un gerenciamiento de amortiguadores (Goldratt, 2008).

2.8 GERENCIA DE PROYECTOS APLICANDO CADENA CRITICA

En el actual entorno de competencia agresiva, productos y servicios económicos, innovación constante y buena calidad, es necesario cambiar la gerencia de proyectos actual. Con el nuevo entorno se crea la necesidad y toma más importancia el hecho de desarrollar proyectos de forma acelerada, mientras que las metodologías tradicionales de proyectos se enfocan en la precisión y los controles que entorpecen el tiempo de entrega de los proyectos. Generalmente en los proyectos se encuentran situaciones negativas como diferencias significativas de costos entre lo planeado y lo real, tiempos de entrega más largos que los planeados, no hay sincronización en el equipo del proyectos, se realizan constantemente cambios en el alcance del proyecto, hay constantes conflictos en las diferentes áreas involucradas, pese a las medidas de control no se cumple con la promesa de valor del proyecto, no hay prioridades claras, los mejores recursos son premiados con más trabajo, entre muchos otros, hace que promover mejores formas de hacer las cosas sea una obligación para lograr mejores resultados y buscar soluciones a los problemas existentes (Páez, 2014).

Usando la gerencia tradicional para solucionar las problemáticas antes mencionadas, excluyendo las relaciones causales (pensamiento sistémico) de la organización, requiere de más tiempo para las personas involucradas afectando su capacidad productiva, generando una percepción de recursos insuficientes. Situación que constantemente se aprecia en los ambientes de proyectos (Páez, 2014).

En el área de la gerencia de proyectos el Dr. Eliyahu M. Goldratt basado en un enfoque sistémico, creó un método de gestión de proyectos donde supera limitaciones en el modo de administración, gerenciamiento y programación de los proyectos. Corrige el manejo de la incertidumbre que hace que la mayoría de los proyectos no termine en el tiempo esperado, con la

calidad esperada y con el costo esperado. Los entornos de proyectos tienen alto grado de incertidumbre en las tareas a ejecutar, recursos limitados, imposición de fechas límites para los entregables y alta dependencia a las personas (Goldratt, 1997). Por lo tanto, los involucrados están abocados a trabajar con estimaciones de tiempo para cada una de las actividades que compone el proyecto y estimaciones de cantidades de materiales en las fases iniciales de planeación.

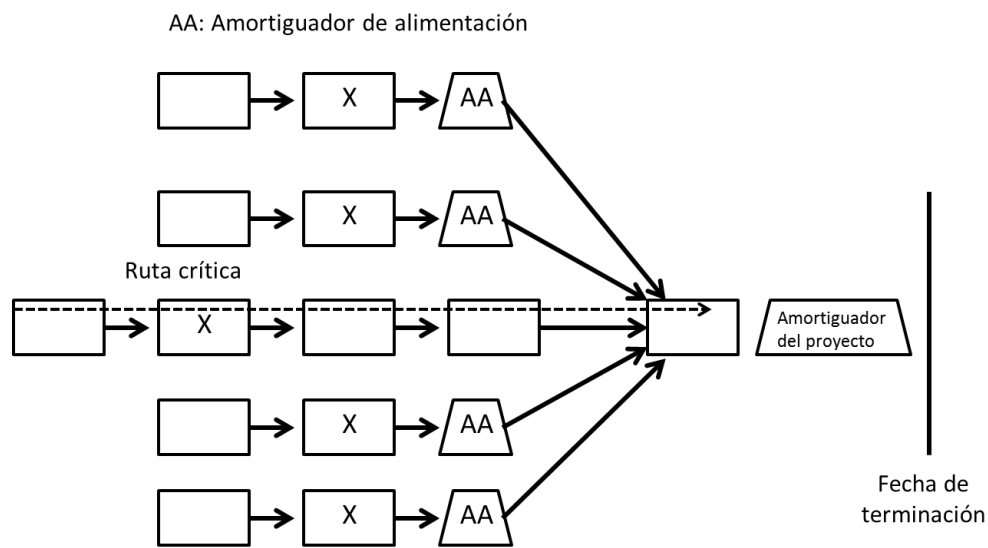
De la misma manera, Steyn (2000) sostiene que la gestión de proyectos usando TOC presenta algunas buenas ideas como una novedad, pero menciona que los conceptos del PMBOK también tienen mucho que ofrecer si se aplican correctamente.

2.8.1 Ruta Crítica y Cadena crítica

El método de cadena crítica introducido por el Dr. Goldratt, sin lugar a dudas proporciona un nuevo enfoque a la gestión de proyectos, de igual manera si es un ambiente multiproyectos o sea un proyecto único. La gerencia de proyectos tradicional utiliza este el método de ruta crítica para el desarrollo y control de los proyectos, su principal objetivo es establecer la duración de un proyecto, entendido éste como una sucesión de actividades relacionadas entre sí, donde cada actividad tiene una duración estimada. Una ruta es una trayectoria desde el inicio hasta el final de un proyecto. En este sentido, la longitud de la ruta crítica es igual a la trayectoria más grande del proyecto. Por lo tanto la duración de un proyecto es igual a la ruta crítica (Project Management Institute, Inc., 2008). Para Goldratt (1997) “La ruta crítica se define como la cadena más larga de pasos dependientes. La más larga en tiempo, por supuesto.” (p. 89). Por tal motivo, cualquier retraso en la ruta crítica también atrasa la terminación del proyecto, así que para Goldratt el

cuello de botella en un proyecto es la ruta crítica. En la siguiente figura se muestra un ejemplo de ruta crítica.

Fig. 4 Ejemplo de ruta crítica.

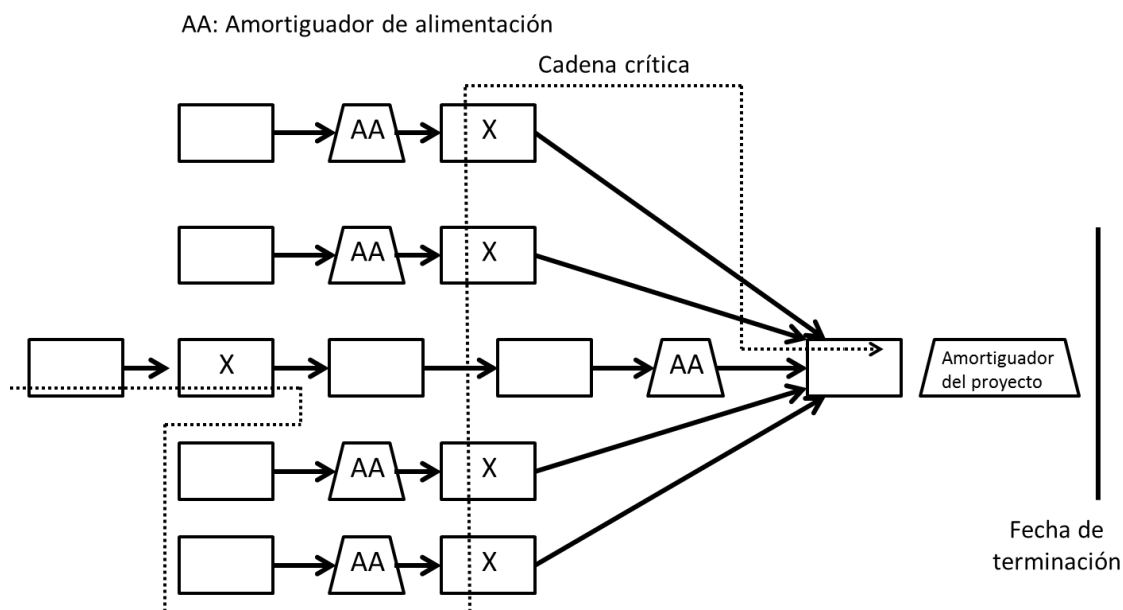


Fuente: Tomada de Cadena Crítica. Goldratt, 1997.

Mientras tanto, la cadena más larga de pasos dependientes, dicho de otra forma, la más larga en tiempo, ignora la capacidad limitada de los recursos y el hecho de las dependencias entre pasos causada porque la realiza el mismo recurso que tiene capacidad limitada y no puede hacer dos actividades al mismo tiempo, tiene que hacerlo en secuencia, en lugar de hacerlos en paralelo, esto produce la dependencia. Al incluir el concepto de dependencia ente pasos y la competencia por los recursos surge el concepto de Cadena Crítica. Este nuevo concepto busca eliminar la competencia por recursos, ya que la competencia en un proyecto puede ser muy grande como para que la absorban los amortiguadores, lo que pondría en riesgo la fecha final de terminación.

Por consiguiente, si existe competencia por recursos, la cadena crítica puede ser muy diferente de la ruta crítica (Goldratt, 1997). En la siguiente figura se muestra un ejemplo de cadena crítica.

Fig. 5 Ejemplo de Cadena crítica.



Fuente: Tomada de Cadena Crítica. Goldratt, 1997.

¿Cuáles son los nuevos conceptos que proporciona la Gerencia de proyectos aplicando cadena crítica para la gestión de proyectos?. Para responder esta pregunta partiremos de los siguientes criterios: los objetivos propios del nuevo método, los centros de atención, la forma de gestionar la incertidumbre, la gestión de recursos, la programación, la ejecución y reprogramación, e indicadores utilizados para medir el desempeño. A continuación se analizarán los enfoques de los métodos para la gestión de un solo proyecto y múltiples proyectos.

El método de la ruta crítica solamente tiene en cuenta la dependencia entre pasos sin considerar la dependencia entre recursos, esto genera los siguientes inconvenientes:

- Problemas para determinar los tiempos de las tareas.
- No tener en cuenta la dependencia de recursos.
- No considerar las fluctuaciones estadísticas.
- Centrarse en óptimos locales y no el óptimo global.

El tiempo es el elemento esencial en la fase de planificación del proyecto por lo tanto la técnica para determinar el tiempo previsto de cada tarea debe ser el más realista posible. Además, todas las actividades y tareas descritas en el cronograma del proyecto deben realizarse, ya que son necesarias para alcanzar el objetivo del mismo. Como ya se indicó, la duración del proyecto no viene determinada por el camino más largo, sino por la secuencia de pasos más larga teniendo en cuenta tanto la dependencia de tareas como la competencia por recursos. Este concepto de Cadena Crítica es esencial dado que aporta información útil para la gestión del proyecto desde el punto de vista de mayor aportación al Throughput de la empresa. La Cadena Crítica es la restricción a la que debe subordinarse todo el sistema (Goldratt, 1997).

En el modelo convencional de ruta crítica determina la duración total del proyecto, y no permite comprobar si la planeación realizada está orientada adecuadamente al cumplimiento del objetivo del proyecto. Dado que se parte de una hipótesis falsa: Si se protege adecuadamente las tareas (óptimo local) quedará protegida la fecha de entrega del proyecto (óptimo global). En conclusión, la diferencia entre ruta crítica y cadena crítica, reside en el hecho de que cadena crítica tiene en cuenta dependencia de recursos, además de dependencia de tareas, para eliminar la competencia por recursos (Goldratt, 1997).

2.8.2 La incertidumbre en los proyectos

La incertidumbre contenida de los proyectos se debe básicamente a dos factores. El primero se debe a los eventos dependientes que están relacionados a la distribución misma de un proyecto. Para lograr el objetivo se dispone de un conjunto de actividades las cuales se desarrollan en secuencia o en paralelo, lo que produce una subordinación entre cada una de las actividades del proyecto, cualquier retraso afecta la fecha final de entrega. El otro factor que genera incertidumbre son las fluctuaciones estadísticas o eventos adversos que pueden afectar el rendimiento o ejecución de una actividad (Goldratt & Cox, 1984).

En el proceso de planeación de un proyecto cuando se estima la duración de una actividad, debido a la incertidumbre de dicha estimación, se incorpora tiempo de seguridad para cumplir con la fecha de entrega. Si se extrapola a una serie de actividades, el tiempo adicional que se agrega para protegerse de la incertidumbre llega a ser más del doble de tiempo real para ejecutar las actividades (Goldratt, 1997).

2.8.3 Causas de la pérdida del tiempo de seguridad

El tiempo adicional o de seguridad se pierde de cuatro formas, las cuales desarrolla el Dr. Goldratt en su libro cadena crítica. La primera es llamada síndrome del estudiante, un ejemplo es el mal estudiante que tiene una tarea pendiente para dentro de 30 días. Los primeros dos tercios del tiempo (20 días) hace algo de la tarea o en el peor caso los dedica a otras actividades, a última hora recuerda que debe entregar dicho compromiso académico, para lo cual corre desesperado a terminar la tarea. En conclusión, el recurso deja hasta último momento para concluir la tarea perdiendo el 66 % del tiempo asignado, generalmente se hacen dos o tres tercios del trabajo durante el último tercio de la duración individual de la tarea (Goldratt, 1997). En

algunos casos se deja la ejecución de la tarea muy cerca a la fecha de finalización generando incumplimiento del tiempo inicialmente proyectado.

Díaz & Schriels (2013) afirman:

“El síndrome del estudiante es una forma de procrastinación, (...). Se puede explicar comprendiendo el mecanismo de la memoria humana; la memoria de corto plazo se desvanece con el tiempo, y por lo tanto el estudio en el último momento permitirá que más cantidad de datos afloren y se recuerden durante el examen, a pesar de que esta circunstancia no favorece los mecanismos de la memoria a largo plazo”. (p.24)

La segunda forma de perder el tiempo de seguridad es la llamada Ley de Parkinson, enunciada por Cyril Northcote Parkinson de origen británico, quien afirma que el trabajo se expande hasta ocupar el tiempo disponible para completar la tarea. Parkinson en su libro formuló lo resultado de un estudio científico que desarrollo en el servicio civil Británico, donde se basó en pruebas estadísticas que le dieron validez a esta ley y logró desarrollar dos postulados que casi pueden tratarse como axiomas. El primer postulado asegura que cualquier funcionario requiere multiplicar el número de subordinados y no el de empleados con la misma jerarquía, para de esta forma prevalecer en la estructura de la compañía. El segundo postulado dice que los funcionarios del mismo nivel se crean trabajos unos a otros, llenando su jornada laboral de trabajo administrativo (Parkinson, 1998).

La ley de Parkinson trasladada al ambiente de proyectos nos señala que cuando existe tiempo remanente los recursos prefieren mejorar la calidad del entregable o archivar el trabajo hasta la fecha de entrega, en lugar de entregar antes la tarea (Goldratt, 1997). Alguno de los motivos para que esto ocurra pueden ser algunas consecuencias reales o percibidas, si el trabajador entrega antes la tarea el Gerente de proyectos creará que el trabajador se sobre aseguró en la estimación

de tiempo y para la próxima tarea le pedirá que entregue en menor tiempo, otra situación puede repercutir en el clima laboral y se debe a que el entorno cercano de colegas no verán con buenos ojos la rapidez en los entregables y lo presionaran para que reduzca su velocidad.

La tercera forma donde se pierde la seguridad de la estimación de tiempo es la ejecución de varias tareas simultáneamente o llamada las multitareas dañinas. Este hecho consiste en que un recurso tiene tres tareas pendientes, llamadas A, B y C, pueden ser del mismo proyecto o pertenecer a diferentes, cada tarea ocupa 10 días de trabajo si se trabaja continuamente hasta terminarla, por lo tanto, con esta condición de trabajo continuo el recurso terminaría en 30 días. Si las condiciones cambian y al llevar 5 días trabajando en la tarea A se le pide iniciar con la tarea B y luego de 5 días le piden comenzar con la tarea C, esto hará que la velocidad en la ejecución de las tres tareas se reduzca e incrementa la posibilidad de cometer errores, ya que las interrupciones van en contra de la capacidad de procesar información. Por lo tanto, el tiempo de entrega de cada paso aumenta el doble revelando un tiempo final de entrega de 60 días. Es claro que la asignación de tareas múltiples es una de las causas del no cumplimiento de las fechas de entrega de los proyectos y también sea la causa de las estimaciones infladas para la ejecución de tareas simples donde intuitivamente el ejecutor incluya como factor el impacto de las multitareas (Goldratt, 1997).

La cuarta forma de perder el tiempo de seguridad es causada por la dependencia entre las tareas del proyecto (Goldratt, 1997). Hay cuatro tipos de dependencia Fin – Comienzo, Comienzo – Comienzo, Fin – Fin y Comienzo – Fin y su uso es inherente a la naturaleza de las actividades que modelan la lógica de ejecución de las actividades. Estas dependencias tienen impacto directo en el adelanto o retraso de la ejecución de las actividades. Un ejemplo de como la demora en finalizar una actividad afecta las otras tareas dependientes se presentará a continuación. Hay tres

actividades dependientes Fin – Comienzo, si la primera actividad requiere 5 (cinco) días adicionales para ser terminada, este tiempo de más se trasmite a la siguiente actividad, no importa que las actividades dos y tres terminen en el tiempo proyectado, la entrega final se retrasará 5 (cinco) días. Un ejemplo de una tarea que terminan antes. Tenemos las mismas tres tareas del ejemplo anterior con la misma dependencia Fin – Comienzo, Si la primera tarea termina 5 (cinco) días antes, es muy probable que la tarea dos no comience 5 (cinco) días antes y espere a la fecha de inicio según cronograma y se pierdan estos 5 (cinco) días de adelanto, si esto no ocurre posiblemente pase en la ejecución de la siguiente tarea. Si fueran “n” tareas y tuviéramos una ganancia de tiempo, este tiempo ganado se diluirá en las fluctuaciones de desempeño de las tareas.

Asimismo, los hitos están tan arraigados en la cultura de gestión proyecto, que es sorprendente descubrir que alguien recomiende que éstos se deben evitar, debido a que pueden dar lugar a retrasos en la finalización del proyecto. Para muchos esto será contrario a la intuición, pero su aceptación dependerá de la comprensión de la psicología de su fuerza de trabajo (Rand, 2000).

2.8.4 Principales elementos que definen la CCPM

- Evitar la sobre producción: Consiste en enfocar al ejecutor de las tareas, mejorando la calidad de los entregables y aumentando la capacidad de terminación en la fecha proyectada, sin necesidad de aumentar los recursos. Teniendo un entorno de multiproyectos y para los recursos de multitareas, se genera un ambiente improductivo y con baja sincronización reduciendo la calidad de las actividades realizadas, aumentando el tiempo de ejecución y ampliando el tiempo de entrega. El avance que sugiere CCPM es eliminar las multitareas con cuatro (4) mecanismos de congelación: 1. Congelar los proyectos de menor prioridad, con el objetivo de completar los

proyectos abiertos mucho más rápido. 2. Congelar cadenas de alimentación para la cadena crítica. 3. Congelar tareas de menor prioridad. 4. “Full kit” o Kit completo, si no están todos los elementos para terminar la tarea no se debe iniciar (Páez, 2014).

- Eliminar los óptimos locales: La CCPM tiene su origen en el pensamiento sistémico, por lo tanto, privilegia el logro del objetivo del sistema, subordinando las actividades individuales al logro del objetivo general. Esta teoría elimina proyecciones individuales de tiempo con sus agregaciones de seguridad y sugiere el uso de tiempos de seguridad para todo el proyecto, esto se conoce como uso de amortiguadores. Estos amortiguadores aplican tanto para la cadena crítica como para las demás cadenas de alimentación. Para generar los amortiguadores se usan los cinco (5) pasos de enfoque. 1. Identificar la restricción: conocer la duración del proyecto, la duración del proyecto es la suma de los tiempos de la ruta crítica. 2 Explotar la restricción: remover la seguridad individual, agregar la seguridad al final de la última actividad y cortar la seguridad a la mitad para obtener el amortiguador. 3. Subordinar todo lo demás a la restricción. Cortar el tiempo de seguridad de la cadena de alimentación y poner el 50% de ese tiempo de seguridad entre la cadena de alimentación y la cadena crítica. Ese será el amortiguador de alimentación. 4. Elevar la restricción identificando la nueva cadena crítica. 5. No permitir la inercia, volviendo al punto 1 (Páez, 2014).

- Adoptar un mecanismo predictivo de mejoramiento: Cuando se conozca el amortiguador de la cadena crítica, en el paso dos del punto anterior, se recibirá de forma centralizada todas las variaciones del consumo de tiempo. Se definirán zonas de alarma que permitan llevar un control del amortiguador consumido y generar un modelo predictivo que pueda ayudar a tomar decisiones para garantizar el cumplimiento del tiempo del proyecto. A esto se le conoce como gerencia del amortiguador. El beneficio más grande es lograr un efectivo trabajo en equipo

donde todos los integrantes se encuentran alineados hacia el mismo objetivo y donde todos se colaboran de forma honesta para lograr el interés común (Páez, 2014).

3. HABILIDADES GERENCIALES

3.1 INTRODUCCIÓN A LOS PROCESOS DE PENSAMIENTO Y ENFOQUE DE LOS PROYECTO

La Gerencia de proyectos por cadena crítica es un método basado en la visión sistémica de la Teoría de Restricciones. Este método mejora aspectos muy importantes como la planeación y la programación de los proyectos, también entrega valiosas herramientas para el control del mismo, ya que perfecciona algunas limitaciones de la ruta crítica. Tiene en cuenta el manejo incorrecto que se le ha dado a la incertidumbre, el cual origina la mayoría de los problemas en los proyectos.

Generalmente, los escritorios de los gerentes se encuentran colmados de tareas pendientes, alguna de las cuales se pueden resolver de forma individual y otras de forma grupal. No obstante el tiempo de los Gerentes es muy valioso y éste no se mide por su remuneración sino por lo que hacen o dejan de hacer con su tiempo y el de sus colaboradores. Un punto importante es la focalización y disposición del gerente. Así mismo, los reiterados ajustes de las empresas en los últimos años, ha incrementado el tiempo dedicado a tareas operativas en detrimento del tiempo disponible a tareas de elaboración en el ámbito estratégico.

Los procesos de enfoque y los procedimientos lógicos desarrollados por el Dr. Goldratt parten de la base del método socrático, que consiste en la construcción o búsqueda de nuevas ideas teniendo como plataforma la demostración lógica y el sentido común. Al aplicar un correcto modelo de pensamiento, podemos entender mejor el mundo que se desarrolla a nuestro alrededor y mediante este entendimiento inevitablemente debemos mejorar nuestras capacidades.

La Gerencia de proyectos por el método de cadena crítica, busca que el cronograma de un proyecto pueda ser diseñado para proteger la fecha de terminación mediante la agrupación del

tiempo de contingencia o seguridad en el lugar donde más hace falta, en lugar de distribuirlo entre todas las tareas que componen el proyecto. Este amortiguador o tiempo de contingencia se ubica al final de la ruta crítica o al final de las rutas de alimentación que confluyen en la ruta crítica.

Según la estadística de agregación, estos amortiguadores son mucho más cortos que la suma de los tiempos de seguridad individuales en un cronograma convencional, por lo tanto, este nuevo manejo de los amortiguadores por sí mismo acorta el tiempo total del proyecto, llevando al cambio de enfoque de un gerente de proyecto, lo cual es un reto considerable y consiste en mover la atención gerencial del cumplimiento de hitos y tareas individuales, al cumplimiento de la única fecha relevante del proyecto, la fecha prometida de terminación.

3.2 MECANISMOS DE CONTROL PARA MANTENER EL ENFOQUE

Para introducir este tema, primero se indicará que la Teoría de Restricciones se crea bajo la base de 4 pilares básicos, los cuales son:

1. **Simplicidad inherente:** Parte de la visión sistémica para abordar los problemas, ayuda a superar la percepción de complejidad, indicando que por muy complejo que sea un sistema, éste es gobernado por pocos elementos. Goldratt (2009) se refiere a que si se sumerge lo suficiente en un problema, se hallará que hay pocos elementos en la base, en las raíces de la causa, las que por medio de conexiones lógicas causa-efecto gobiernan todo el sistema. El resultado de aplicar sistemáticamente la siguiente pregunta: ¿por qué?, no es una gran complejidad sino más bien una maravillosa simplicidad, todos los problemas son inherentemente simples de resolver.

2. **Cada conflicto puede ser eliminado:** Este método no da cosas por sentadas, entrega un nuevo enfoque que busca examinar los problemas desde otro ángulo para sacar el mejor provecho de ellos. Con las herramientas de los procedimientos lógicos de TOC, se mejora la capacidad de manejo de los conflictos, tomando buenas decisiones de manera responsable, mejorando el entendimiento de la organización.
3. **La gente es buena:** Parte del hecho que debemos conocer las necesidades y supuestos de las personas involucradas en un conflicto como único camino efectivo para solucionarlo, del mismo modo, no debemos caer en la tentación de culpar a alguna de las partes. Además, la base de las organizaciones son los empleados que laboran en ella, por lo tanto, si se quiere implementar algún proceso de mejora, éste tiene que tener el compromiso de los trabajadores de la base. Si no se logra el compromiso de la mayor parte de trabajadores, cualquier iniciativa estará condenada al fracaso. Por tal motivo este método no busca la optimización o reducción de la fuerza laboral.
4. **Cada solución puede ser sustancialmente mejorada:** Entre más se haya crecido siempre está la posibilidad de crecer un poco más. Este pilar evita la inercia organizacional, permitiendo la posibilidad de crecimiento y desarrollo de la organización. Requiere retroalimentación, revisión constante de cada proceso, empoderamiento y responsabilidad de los trabajadores, todo esto debe ser sostenible en el tiempo y no una implementación rápida frente a un problema puntual.

Según la Teoría de Restricciones, las relaciones entre dos elementos siempre deben generar situaciones de Ganar – Ganar, las situaciones de Ganar – Perder no deben existir. Este principio debe ayudar al Gerente a mantener su enfoque en situaciones provechosas para la organización.

Cuando aparecen situaciones Ganar – Perder, se debe a que se está observando el problema desde un punto de vista muy estrecho.

3.3 ENFOQUE GERENCIAL

Habitualmente un Gerente de proyectos no se percata de la importancia de estar enfocado. Intuitivamente se desconoce lo crucial que puede significar estarlo o no. Se conoce que durante el desarrollo del proyecto va a atacar Murphy y generalmente ataca varias veces. Según la Wikipedia Murphy o la Ley de Murphy es un principio empírico que pretende explicar hechos ocurridos en todo tipo de ámbitos y se basa en el adagio popular “Si algo puede salir mal, saldrá mal”, esta ley empírica está inspirada en la ley natural llamada entropía y su ánimo prudente, busca diseños preventivos frente a riesgos inminentes en múltiples situaciones y ambientes.

Según Goldratt (1997), la experiencia indica “que si el líder del proyecto no está enfocado o no conserva el eje, las emergencias lo convertirán en un verdadero descalabro” (p. 94). Por lo tanto, se debe implementar un mecanismo de control que ayude al líder del proyecto a estar enfocado. Este mecanismo de control debe estar dirigido a medir el avance del proyecto, ya que cuando los informes estándar de avance indican que algo está mal, ya es muy tarde. El modelo generalizado en la industria para medir el avance de los proyectos es hacerlo respecto a la cantidad de trabajo o de inversión que ya se realizó, con relación a la cantidad que queda por hacer. Este indicador de medición de avance del proyecto no diferencia entre el trabajo realizado sobre la ruta crítica, la cadena crítica, frente al trabajo efectuado en las otras rutas, lo que lleva al líder del proyecto a estar desenfocado.

El impacto de medir el avance sin diferenciar el progreso en la cadena crítica, produce que el líder del proyecto quiera iniciar cada ruta lo más temprano posible, generando desenfoco.

Además, si esta medición de avance persiste, el avance de una ruta compensa la demora de otra, fomentando que se avance de prisa en una ruta, aunque otra este atrasada. Esta medición indicará que el proyecto avanza y hará ver bien al Gerente del proyecto, hasta que las rutas abiertas terminen sus trabajos y solo queden las rutas problemáticas, en este punto se revelará la verdadera situación del proyecto. Esta es la explicación, según Goldratt (1997), para que “tantos proyectos tarden tanto en terminar su último 10 por ciento. Se debe a que al medir el avance, nos hemos pasado por alto la importancia de la ruta crítica” (p. 97). Por lo tanto, se debe implementar un método de control que informe solamente el avance de la cadena crítica.

3.3.1 Toma de decisiones financieras

Como parte de los requerimientos para aprobar la ejecución de un proyecto de perforación, el caso de negocio debe contener:

Tabla. 1 Requisitos para un proyecto de perforación.

NÚMERO	REQUISITO PROYECTO DE PERFORACIÓN
1	Contexto de la oportunidad de negocio
2	Objetivo
3	Alcance
4	Evaluación de alternativas (factibilidad)
5	Premisas para la ejecución
6	Alineación del caso de negocio, con el plan de desarrollo del campo de producción
7	Requerimientos para poder ejecutar el caso de negocio
8	Estimación de costos
9	Evaluación financiera
10	Cronograma
11	Análisis de riesgos

12	Estrategias de contratación
----	-----------------------------

Fuente: Producción del Autor.

Dentro de la evaluación financiera se entregan datos importantes como el periodo de recuperación, la eficiencia de la inversión, impacto en el lifting cost, entre otros. De modo que en el momento de ejecutar el proyecto se debe contrastar la información real contra las estimaciones iniciales, ya que puede haber variaciones significativas en el costo total de la obra, la fecha de finalización y el periodo de recuperación de la inversión.

Los excesos sobre el presupuesto de alrededor del 15% y las demoras en la finalización del proyecto, hacen que la estimación inicial de recuperación se amplíe más del 50%. El monto adicional sobre el presupuesto de tan solo el 15%, puede alterar la estimación original del periodo de recuperación en más de medio año, por lo tanto, el factor que más pesa en la formulación son las demoras en la ejecución del proyecto. Así mismo, en términos financieros los incrementos de costos son menos importantes que la extensión de plazos para la terminación del proyecto.

Los procesos de selección de contratistas, generalmente eligen al proveedor de bienes y servicios más barato en lugar del más confiable. Suponiendo que escoger al más barato significa tener un ahorro del 3% en la inversión total del proyecto, pero debido a su baja confiabilidad la fecha de entrega se va a ampliar varios meses, lo que convierte un buen proyecto en un proyecto con una baja oportunidad y posiblemente con disminución en la rentabilidad. En consecuencia, el enfoque gerencial no debe ser ahorrar dinero, sino su propósito debe ser generar dinero.

La entrega a tiempo de un proyecto es lo más importante, ya que consideraciones como los intereses, la inflación, la depreciación de maquinaria, la vida útil de los productos, las condiciones del mercado, la innovación tecnológica, etcétera, pueden cambiar de un momento a otro y si la oportunidad de entrega del proyecto no es la adecuada, las consecuencias puede ser muy negativas.

3.4 HERRAMIENTAS DE PENSAMIENTO DE TOC

La Teoría de Restricciones brinda herramientas muy potentes para mejorar los procesos de pensamiento, perfeccionar la forma de comunicación y la resolución de conflictos. Con instrumentos muy sencillos pero efectivos, que se puede emplear para enseñar y aprender de manera precisa, sistemática y lógica. Uno de los conceptos centrales de TOC es reconocer la relación CAUSA – EFECTO (González, 2003).

Pedraza (2015) explica que para abordar un problema aplicando TOC, se podrá identificar la falla, buscar la solución viable, ejecutar la solución y comunicarla de forma efectiva. Asimismo, al usar TOC para la solución de problemas, ayudará a mejorar la capacidad de resolución de conflictos, toma de decisiones y lo más importante incrementará el entendimiento de lo que está analizando. Para el modelo de pensamiento de Teoría de Restricciones, un conflicto o problema es una situación que está relacionada con una restricción que debe ser resuelta.

3.4.1 Procedimientos lógicos

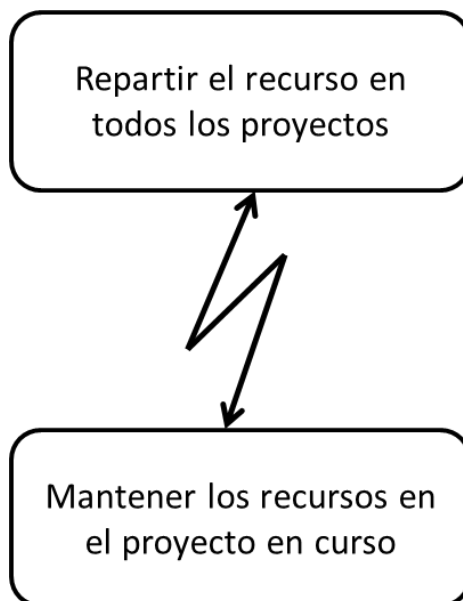
Según el Dr. Goldratt (1997) “El primer paso para resolver un problema es definirlo con precisión. (...). Pero ¿cómo saber que ya definimos con precisión el problema antes de

resolverlo?” (p. 124). Para resolver esta pregunta TOC adopta la siguiente definición expuesta por el Dr. Goldratt (1997), “un problema no está definido con precisión hasta que no pueda presentarse como un conflicto entre dos situaciones necesarias” (p. 125).

¿Para solucionar un conflicto se podría encontrar un compromiso, buscar un punto intermedio, tener un proceso de negociación?, que hacen las ciencias exactas cuando encuentran un conflicto, pues la conclusión de la ciencia es que hay un supuesto defectuoso en algún método utilizado, por lo tanto, se enfocan en encontrar ese supuesto erróneo para corregirlo. Goldratt (1997) afirma: “Siempre un conflicto es una indicación clara de que alguien ha llegado a un supuesto defectuoso, un supuesto fallido que puede ser corregido, y al corregirlo el conflicto se elimina” (p. 126).

Tomando el siguiente ejemplo, se examinará el conflicto entre los recursos de un proyecto para la aplicación de los conceptos TOC en ambientes multiproyectos.

Fig. 6 Ejemplo de conflicto.



Fuente: Producción del autor.

Para TOC si existe una situación donde hay una restricción o conflicto, este debe ser resuelto. Esta situación puede ser abordada al revisar el siguiente enfoque:

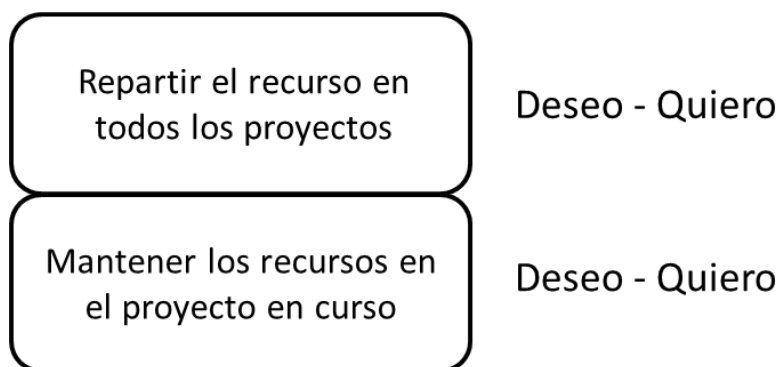
Tabla. 2 Pasos para abordar un problema.

¿Qué Cambiar?	¿A qué cambiar?	¿Cómo lograr el cambio?
Identificando la situación	Identificando la solución	Construcción de la herramienta, encontrando la solución y comunicándola
Definición del problema	Solución del problema	Implementación de la solución

Fuente: Tomada del manual táctico para principiantes, Choon Ean (2003). Pág. 7.

Para identificar mejor el conflicto hacemos las siguientes preguntas: ¿Qué es lo que quiere cada una de las partes?, esto se ilustra en la siguiente figura.

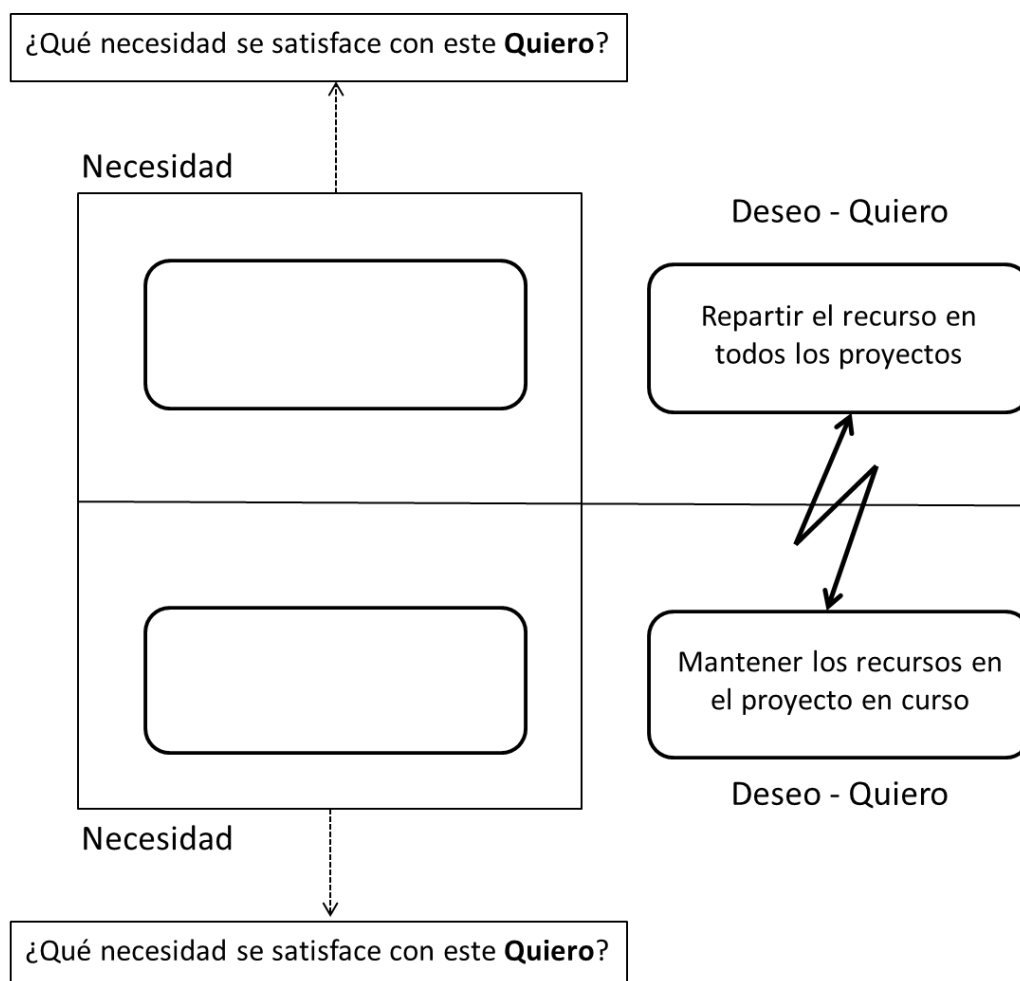
Fig. 7 Ejemplo de conflicto con el deseo de cada lado.



Fuente: Producción del autor.

Así que, según el proceso de pensamiento TOC, debo hacer la siguiente pregunta: ¿Qué necesidad se satisface con este quiero?.

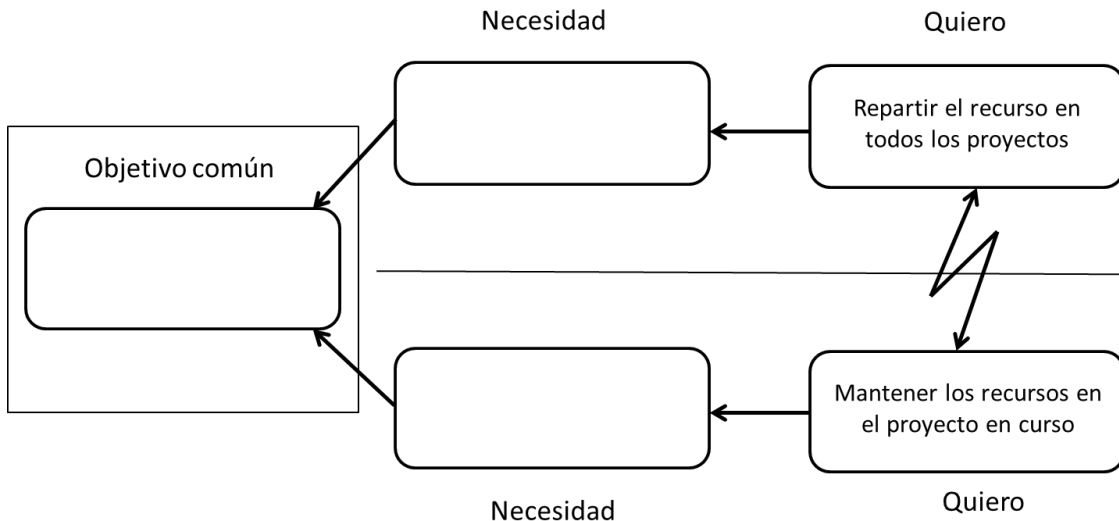
Fig. 8 Necesidades que se satisfacen.



Fuente: Producción del autor.

A continuación en esta construcción lógica, se completa la secuencia de deseos, necesidades y se incluye la siguiente pregunta: ¿Qué se pone en peligro si no se obtienen o cumplen ambas necesidades?, al responder esta pregunta se encuentra el objetivo común que ambos lados del conflicto quiere preservar.

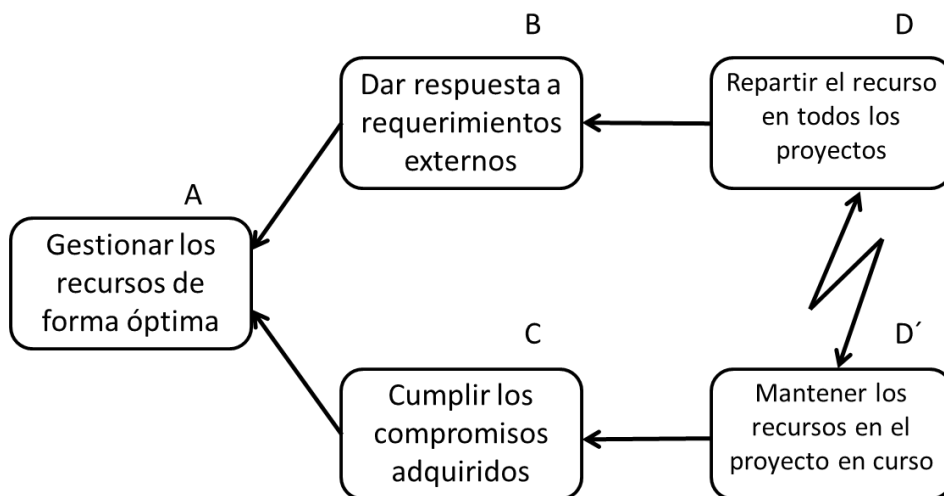
Fig. 9 Inclusión del objetivo común.



Fuente: Producción del autor.

Para finalizar el ejercicio, se presenta la nube finalmente construida.

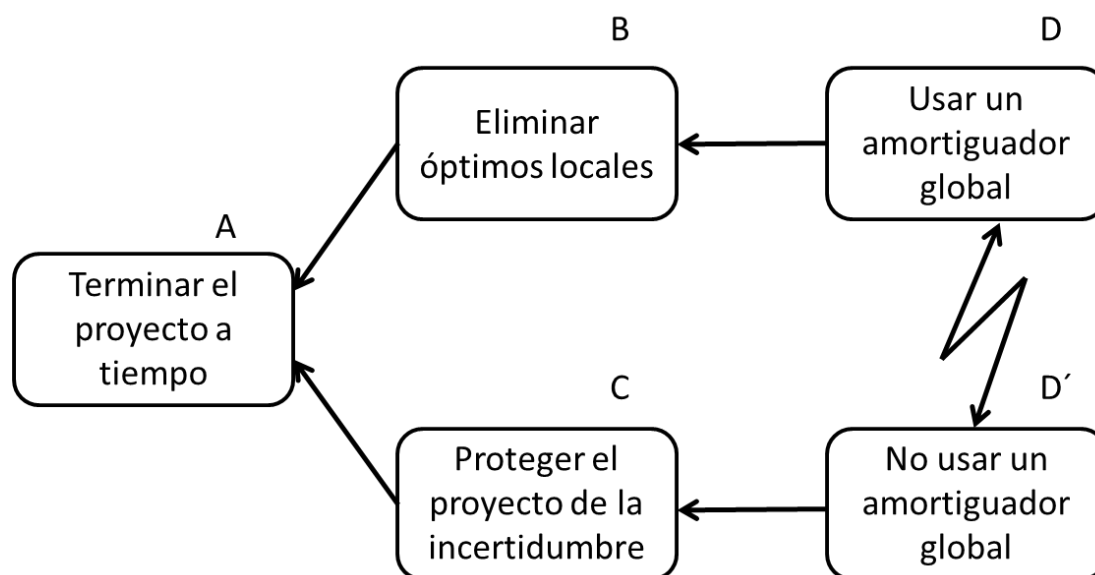
Fig. 10 Inclusión del objetivo común.



Fuente: Producción del autor.

Llevando este proceso lógico al caso de proyectos de perforación, encontramos el siguiente efecto indeseable: los proyectos de perforación no terminan a tiempo, lo que genera un conflicto, el cual se representa en el siguiente diagrama de nube.

Fig. 11 Nube de los proyectos de perforación.



Fuente: Producción del autor.

Obtuvimos dos lados del conflicto “terminar el proyecto a tiempo”, el cual se desarrolló a partir de un diagrama lógico. Esta nube resultante sirve como método estructurado para describir, comunicar y resolver conflictos que tiene la organización, además ésta nube ayuda a responder la pregunta ¿Qué cambiar?, formulada en el inicio de esta sección.

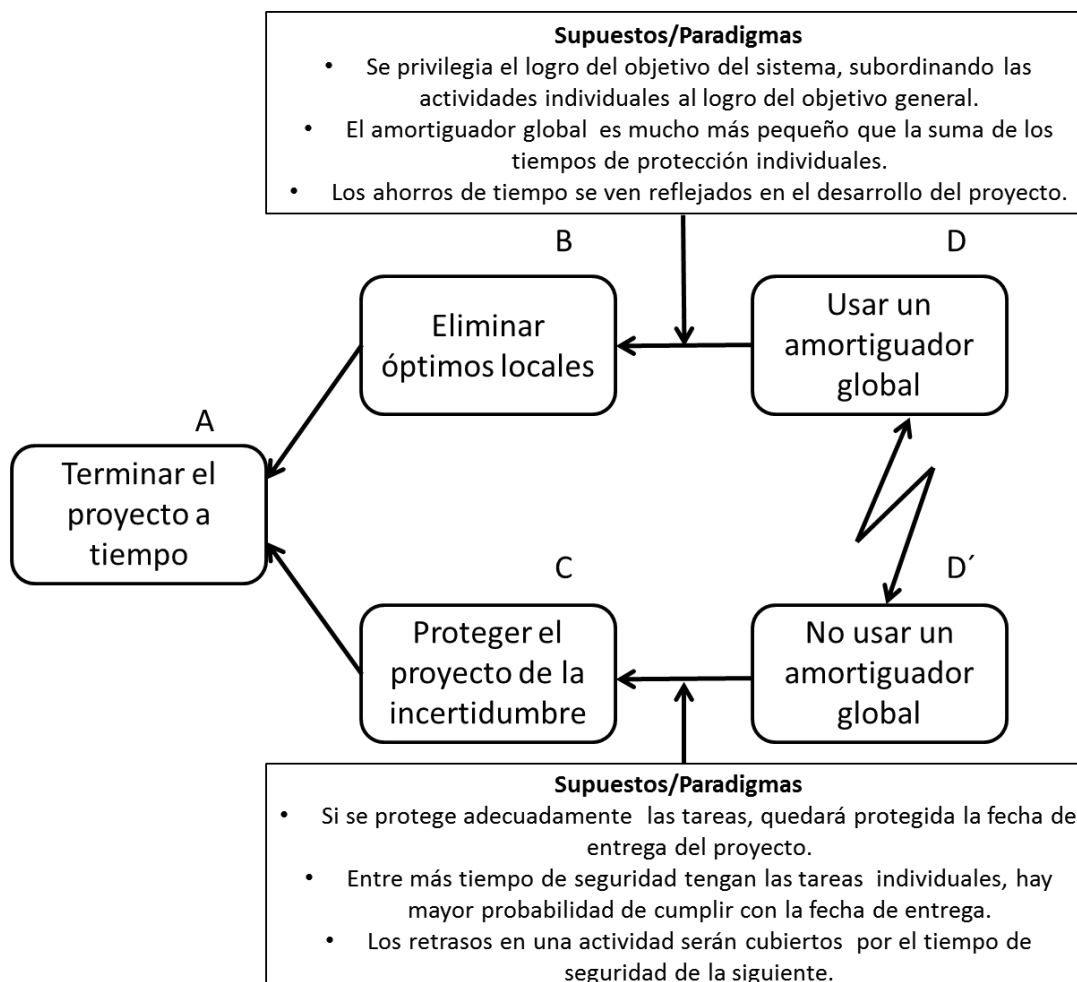
3.4.2 Proceso de pensamiento llamado “evaporación de la nube”

El proceso que usa TOC para resolver conflictos se llama evaporación de nubes, para lo cual al diagrama de nube que construimos anteriormente, le agregamos algunos supuestos o paradigmas

que sostiene cada una de las secuencias lógicas. Ahora bien, podemos cuestionar el supuesto superior y el supuesto inferior, pero debemos considerar que alguno de los supuestos está mal. Una vez se tenga un supuesto o paradigma candidato a ser fallido se debe comprobar. Para lo cual, afirma Goldratt (1997) “Una piedra angular de la organización que aprende es cambiar los acuerdos insatisfactorios por soluciones ganar – ganar” (p. 130).

Al diagrama anterior le incluiremos los supuestos o paradigmas, que son la condición a cerca del porqué existe la relación lógica entre dos entidades. No obstante, los supuestos pueden ser o no válidos. Todas las relaciones lógicas tienen uno o más supuestos. El supuesto debe responder la pregunta ¿por qué “el quiero” es la única forma de satisfacer la necesidad?. En el siguiente diagrama se encuentra la nube con los supuestos.

Fig. 12 Nube para terminar el proyecto a tiempo.



Fuente: Producción del autor.

El diagrama lógico en palabras se expresa de la siguiente forma. Por un lado: **Para** terminar el proyecto a tiempo, **Debo** eliminar los óptimos locales y **Para** eliminar los óptimos locales **Debo** usar un amortiguador global. Por el otro lado: **Para** terminar el proyecto a tiempo, **Debo** proteger el proyecto de la incertidumbre y **Para** proteger el proyecto de la incertidumbre **Debo** No usar un amortiguador global (agregar tiempo de seguridad a cada actividad). Esta es la forma correcta de leer la nube.

El siguiente paso dentro del proceso de evaporación de la nube es identificar el supuesto inválido, para esto Choon Ean (2003), aplicó el concepto de “Inyección” que es la forma de satisfacer ambas necesidades. La siguiente tabla nos ayudara en este camino.

Tabla. 3 Invalidando supuestos.

Pregunta	Respuesta
¿Por qué existe el conflicto entre D y D´?	Debido a que un lado quiere lo opuesto a lo que quiere el otro lado. No se puede tener todo al mismo tiempo.
¿Qué es lo realmente importante?	Satisfacer las NECESIDADES es lo más importante, no el obtener los QUIEROS.
¿Por qué no ceder en los QUIEROS?	Debido a que cada lado dice que su QUIERO es la única forma de satisfacer su NECESIDAD.
¿Qué podría resolver el conflicto?	Una solución GANAR – GANAR enfocándose en las necesidades B y C.
¿Puedes pensar en alguna forma de satisfacer ambas necesidades B y C a la vez?	Una solución GANAR – GANAR. Una inyección que es una manera alterna distinta de satisfacer las NECESIDADES.
¿Qué es una solución a medias (Compromiso)?	Lograr una solución donde cada una de las partes cede un poco de sus expectativas de satisfacer completamente sus NECESIDADES.

Fuente: Tomada de Choon Ean (2003), pagina 37.

Después de analizar los supuestos encontramos que el supuesto falso es la siguiente: si se protege adecuadamente las tareas (óptimo local) quedará protegida la fecha de entrega del proyecto (óptimo global). Por lo tanto, la solución del conflicto es la siguiente: **Para** terminar el proyecto a tiempo, **Necesito** eliminar los óptimos locales y proteger el proyecto de la incertidumbre, **Por medio** del Uso de un amortiguador global.

Para finalizar este capítulo, podemos concluir que para encontrar la solución ganar – ganar, se debe buscar un nuevo enfoque desde lo que se quiere y así poder satisfacer la necesidad que tiene la organización. Al construir la nube con sus argumentos y paradigmas, se logra tener la explicación de la existencia del conflicto, al identificar el o los supuestos defectuosos para luego eliminarlos y así lograr que el conflicto desaparezca.

4. PROCESO DE PLANEACIÓN DE UN PROYECTO PERFORACIÓN

La aplicación de TOC parte de los siguientes supuestos:

Tabla. 4 Supuestos para la aplicación de TOC.

NÚMERO	SUPUESTOS PARA APLICAR TOC
1	La gente que integra una organización, en cada uno de los niveles, son expertas conocedoras de su rol y de sus problemas locales.
2	Que esta gente tiene ideas muy concretas de cómo solucionar los problemas de su área específica.
3	Estas soluciones entran en conflicto, real o aparente, con otras soluciones de personas de otras áreas y niveles.
4	Estos conflictos llevan a parálisis de algunas actividades, con muy pocos avances y sin encontrar culpables bien definidos.

Fuente: Producción del Autor.

De la misma manera, los siguientes son los pasos de enfoque de TOC para CCPM.

Tabla. 5 Pasos de enfoque de TOC para CCPM.

NÚMERO	PASOS DE ENFOQUE DE TOC PARA CCPM
1	Identificar la restricción del sistema: Para CCPM significa la identificación de la cadena crítica como la ruta más larga del proyecto considerando tanto la logística de las tareas como sus restricciones, además, la remoción de conflictos de recursos del plan de proyecto antes de seleccionar la cadena crítica.
2	Decidir cómo explotar la restricción del sistema: Para CCPM es remover de los pasos la seguridad individual, colocando amortiguadores al final de la cadena de tareas, cortando la seguridad a la mitad para tener el amortiguador del proyecto.
3	Subordinar todo lo demás a la decisión anterior: Subordinación de caminos que se conectan con amortiguadores de alimentación, acá también se remueve la seguridad de los pasos individuales, se cortan a la mitad y el amortiguador va entre la cadena de alimentación y la cadena crítica.
4	Elevar la restricción del sistema: Aseguramiento de la disponibilidad de recursos, especialmente para tareas a lo largo de la cadena crítica. Uso de los

	amortiguadores como herramienta de control del proyecto.
5	No permita que la inercia se convierta en la restricción del sistema, si en los pasos anteriores se rompe la restricción, vuelva a identificar la nueva restricción del sistema.

Fuente: Tomada de Cadena Crítica. Goldratt, 1997.

El método de cadena crítica en el proceso de planeación se centra en el desarrollo del cronograma y contempla los recursos limitados combinando enfoque probabilísticos y determinísticos. Inicialmente el cronograma del proyecto de perforación se realiza con estimaciones no conservadoras para la duración de las actividades que componen el proyecto, teniendo en cuenta las dependencias entre las actividades. Luego se calcula la ruta crítica, después se incluye la disponibilidad de los recursos, para nuevamente tener un cronograma modificado restringido por la capacidad de los recursos. Este nuevo cronograma tiene una ruta crítica alterada que es la cadena crítica.

La gestión de los tiempos de duración de las tareas en un entorno de proyectos caracterizado por la incertidumbre, genera que estos tiempos no se conozcan con exactitud para el sinnúmero de actividades que lo componen. Para el proceso de planeación se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

Tabla. 6 Consideraciones en la planeación.

NÚMERO	CONSIDERACIONES EN LA PLANEACIÓN
1	Se debe conocer los recursos con los que contará el proyecto.
2	Se debe conocer las tareas necesarias para ejecutar el proyecto.
3	Dividir las tareas que pertenecen a la cadena crítica y las tareas que pertenecen a las cadenas de alimentación.
4	Conocer la estimación de duración de cada tarea.

5	Tener presente que las motivaciones y capacidades del personal que intervienen en el proyecto difieren sustancialmente.
6	Debido a la incertidumbre que se genera en la ejecución, las estimaciones de tiempo que hace el ejecutor generalmente poseen tiempos muy superiores a la media.

Fuente: Producción del autor.

El plan inicial del proyecto consiste en colocar en la línea de tiempo todas las tareas, empezando por la fecha de entrega hasta la primera acción que debe realizar el proyecto. El siguiente paso es la nivelación de cargas, para lo cual hay que ir de derecha a izquierda. Cuando se encuentra que un mismo recurso debe realizar dos tareas en paralelo, hay que desplazar en el tiempo una de ellas. El criterio a usar es desplazar la tarea que está precedida de una secuencia de pasos más corta.

Los pasos para la planeación con cadena crítica se muestran en la siguiente tabla.

Tabla. 7 Secuencia de pasos para la planeación.

NÚMERO	PASOS PARA REALIZAR LA PLANEACIÓN
1	Colocar en una línea de tiempo todas las actividades que componen el proyecto.
2	Realizar la nivelación de las diferentes cargas que tiene el proyecto.
3	Establecer el tamaño de los buffers.
4	Establecer los puntos donde colocar los buffers.
5	Situar el buffer del proyecto.
6	Determinar la cadena crítica.
7	Hacer la evaluación de la planeación.

Fuente: Producción del autor.

El Método de Cadena Crítica surge del concepto de la cadena más larga considerando las dependencias entre tareas y las dependencias entre recursos, alcanzando como consecuencia la eliminación de la competencia por los recursos en el proyecto. El patrón que presenta CCPM es un modelo de gestión sistémica, que en síntesis es una imagen simplificada de la realidad, pero suficientemente parecida a ésta. Además, debe cumplir con un grado de sencillez y practicidad.

En los entornos de proyectos algunas veces se hallan síntomas que nos indican problemas en la planeación del proyecto, los cuales se presentan a continuación:

Tabla. 8 Problemas en la planeación.

NÚMERO	SINTOMAS QUE INDICAN PROBLEMAS DE PLANEACIÓN
1	El presupuesto y el alcance son muy difíciles de cumplir al mismo tiempo.
2	Existen dos lenguajes diferentes: uno para la velocidad del proyecto y otro para la productividad de los recursos. Falta de consistencia.
3	Generalmente los recursos disponibles deben ser compartidos entre diferentes proyectos, generando competencia por el recurso.
4	No tener claridad de cuantos proyectos puede asumir un Gerente de proyectos sin que unos provoquen retrasos en los otros.
5	No disponer de controles efectivos para que las amenazas de incumplimiento se detecten antes de que sea inminente la falta.
6	El tiempo de planeación es muy corto. Solo se utiliza al principio del proyecto y luego hay tantos cambios que es imposible actualizar la planeación por el esfuerzo que esto significaría.
7	El gerente del proyecto tiene presión para ofrecer plazos cada vez más cortos, tiempos que son muy difíciles de cumplir.

Fuente: Producción del autor.

4.1 ESTIMACIÓN DE TIEMPOS DE UN PROYECTO

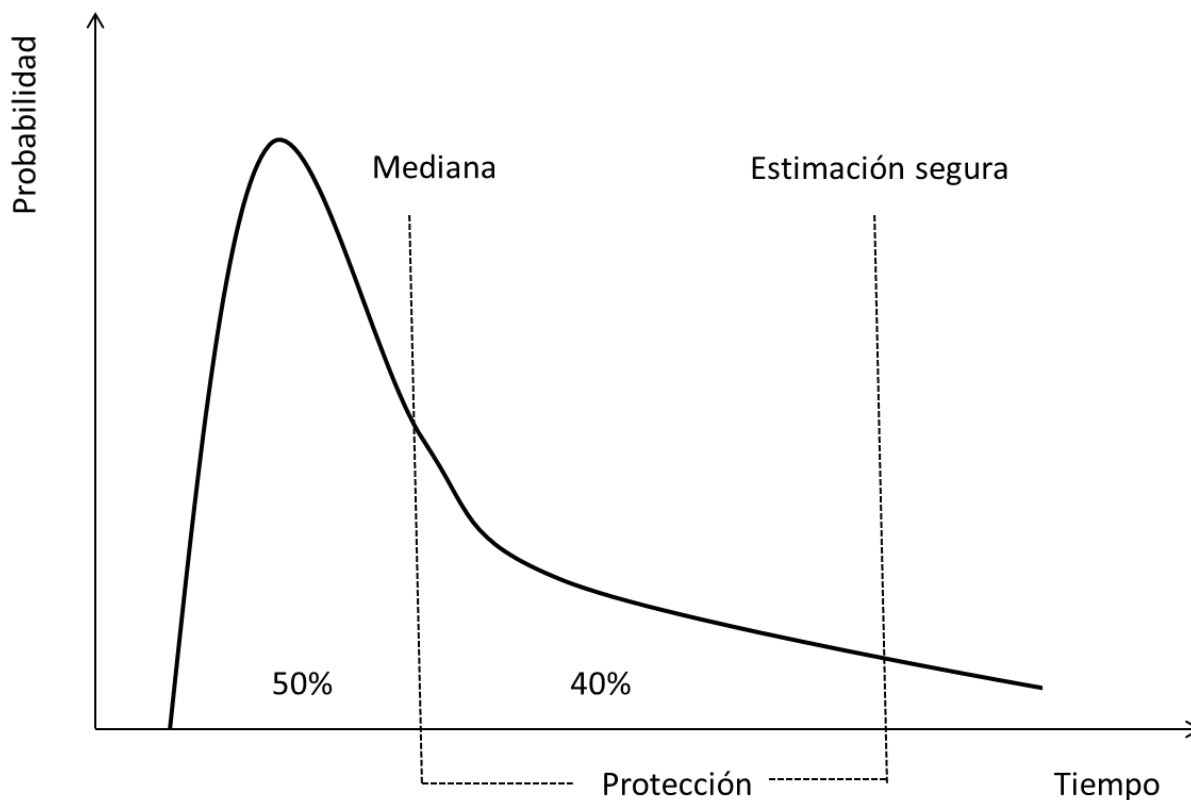
Las fluctuaciones estadísticas a la hora de ejecutar una labor, la dependencia entre las diferentes tareas y la dependencia de los recursos generalmente causan un incremento del tiempo previsto

de las tareas y directamente aumentan los costos de los proyectos e incluso causan que los proyectos no se terminen a tiempo. También afectan las interacciones con otros proyectos, la actitud y disposición de las mismas personas que integran el proyecto, el impacto de factores externos como por ejemplo el cambio de una política nacional sobre el manejo de los recursos naturales, solo por dar un ejemplo.

En la estimación de tiempos para un proyecto se introduce el concepto de contingencia, que se define como la diferencia entre una estimación segura y con bajo riesgo (90% al 95% de probabilidad), respecto a una estimación con un 50% de probabilidad. Así mismo, la estimación es una medida racional que se podría considerar cercana a la realidad, de ninguna forma pretende ser un contrato o compromiso de aquellos que ejecutan la tarea la harán en no más del tiempo estimado. Este concepto de estimación es el que más resistencia causa entre los recursos y el gerente del proyecto por la cultura de la organización. En definitiva, las estimaciones no pretenden hacer una predicción sobre una única estimación, sino una predicción de una secuencia de estimaciones bajo unas condiciones específicas.

En la siguiente gráfica se ilustra una curva genérica de probabilidades para la ejecución de una tarea de un proyecto.

Fig. 13 Curva de probabilidades.



Fuente: Tomada de Cadena Crítica. Goldratt, 1997.

Generalmente, cuando a un recurso se le pide estima el tiempo de un paso del proyecto, éste tiende a agregar protección como lo muestra la figura anterior para darle seguridad a su proyección de tiempo, para tratar de protegerlo de la incertidumbre. Mientras la incertidumbre sea mayor para la ejecución de ese paso, más larga será la curva. Esto sucede porque en la mayoría de los proyectos no hay incentivos positivos para terminar antes de tiempo, pero si hay que dar muchas explicaciones cuando no se entrega a tiempo la tarea. Por consiguiente, para todos los pasos de un proyecto se incluye un factor de protección bastante grande.

Además del tiempo añadido para cubrir la incertidumbre, los diferentes niveles de la organización agregan tiempo adicional de protección, generando que el tiempo de planeación de la actividad sea por mucho más grande que la media de ésta actividad. No obstante, de ese tiempo adicional, pocos proyectos cumplen con la fecha de entrega fijada inicialmente. En la siguiente tabla se encuentran los mecanismos por los cuales se inserta protección en las estimaciones de tiempo.

Tabla. 9 Mecanismos para la inclusión de protección.

Mecanismos utilizados para la inclusión de protección en las estimaciones de tiempos		
Se usa la experiencia pesimista, planeación con el peor escenario	Se agrega protección ante posibles recortes globales	Cada nivel agrega su protección

Fuente: Tomado de cadena crítica, Goldratt 1997.

La protección ante la incertidumbre generalmente se enfoca mal, los proyectos suelen proteger los tiempos de cada tarea para evitar incurrir en entregas fuera de plazo. Los adelantos en una cadena de pasos se pierden y los atrasos se acumulan en una vista con enfoque local, protegiendo cada tarea. Con un enfoque global se utiliza un amortiguador o buffer de proyecto para proteger de la fecha de entrega del proyecto.

Con el método de Cadena Crítica la planeación no solo debe tener en cuenta la dependencia de la finalización de tareas anteriores, sino incluye una importante dependencia como lo es la de recursos. Con la inclusión de la dependencia de recursos para evitar el conflicto entre ellos, se refuerza este proceso para tener una planeación más realista.

4.2 FUENTES DE PÉRDIDA DE TIEMPO DE SEGURIDAD EN LAS ESTIMACIONES

Como lo vimos en el capítulo anterior, en las estimaciones de cada paso de un proyecto de perforación se tiene un gran margen de seguridad, no obstante, en la mayoría de los proyectos se incumple con la fecha de finalización. Por lo tanto, la protección se debe desperdiciar en la conexión entre un paso y otro. A continuación presentaremos las principales fuentes de pérdida de tiempo de seguridad de las estimaciones de un proyecto.

4.2.1 Síndrome del estudiante.

Consiste en que para ejecutar una tarea generalmente se deja para el último minuto. Solo se sabe si hay un problema en el momento en que se comienza a ejecutar la tarea. Si se encuentra, se trabaja a toda velocidad para solucionarlo, pero ya se ha perdido la protección de tiempo que se tenía, lo que desemboca en una terminación tarde de la tarea. Esta es una de las explicaciones de por qué, tantos pasos de un proyecto terminan tarde.

4.2.2 Tareas múltiples

En los ambientes de proyectos los recursos trabajan bajo presión y generalmente responden a varios proyectos a la vez. En estas condiciones de trabajo no se sabe cuáles de las tareas pendientes son las más urgentes. Se salta de una tarea a otra intentando quedar bien con todo mundo. En el capítulo 2.8.3 se presenta un ejemplo para revelar que en un ambiente de tareas múltiples el tiempo de cada paso puede aumentar al doble de la estimación inicial. En los proyectos de perforación el requerimiento en otros frentes para asistir a reuniones, atender

emergencias operaciones o cualquier otra distracción, genera la misma consecuencia, el tiempo de entrega se amplía.

4.2.3 Dependencia entre pasos

Esta dependencia causa que las demoras se acumulen, los adelantos se desperdicien y no sean aprovechados por el siguiente paso. En una cadena de pasos consecutivos las desviaciones no se promedian, las demoras se acumulan mientras los avances se desperdician.

4.2.4 Ley de Parkinson

El tiempo se extiende hasta ocupar el tiempo asignado. Esto se encuentra comúnmente en los proyectos y es denominada la ley de Parkinson y se fundamenta en las siguientes reglas:

Tabla. 10 Ley de Parkinson.

NÚMERO	Reglas de la ley de Parkinson
1	El trabajo se expande hasta llenar el tiempo del que se dispone para realizar la actividad.
2	Los gastos aumentan hasta cubrir todos los ingresos.
3	El tiempo dedicado a cualquier tema es inversamente proporcional a su importancia.

Fuente: Tomado de Ley de Parkinson y otros estudios en administración, Parkinson (1998).

Normalmente cualquier paso de un proyecto termina en el tiempo estipulado o después, pero en muy raras oportunidades terminan la tarea de forma anticipada. Esto se debe a la deficiencia de los métodos actuales para premiar la buena gestión. El enfoque de CCPM estimula a los gerentes

de proyectos a eliminar las fechas de vencimiento para tareas individuales, como solución para los trabajos que se extienden hasta completar el tiempo asignado para la tarea.

4.3 CONFLICTO ENTRE LOS RECURSOS

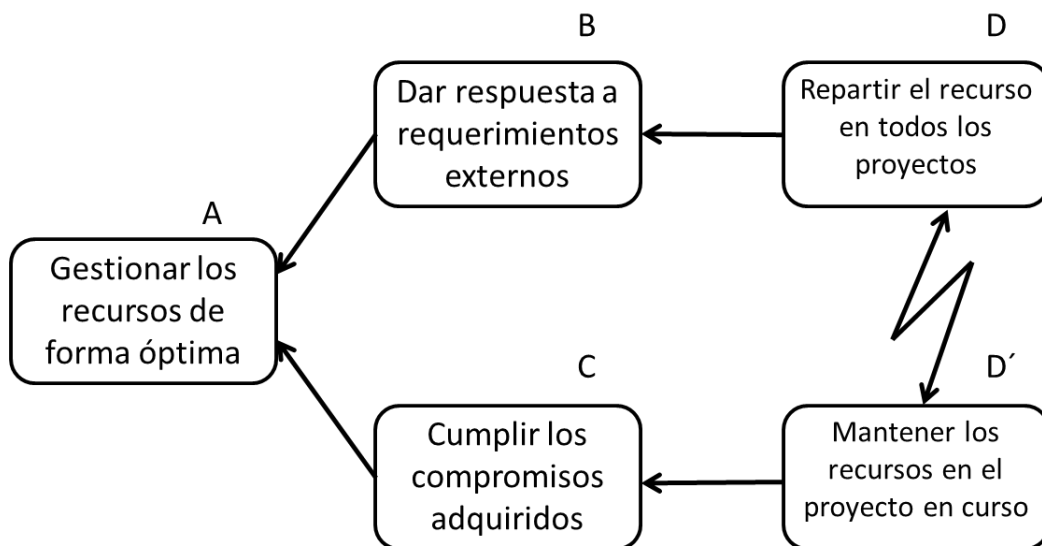
La dependencia se genera en el siguiente hecho, un recurso tiene que realizar dos tareas pero ambos pasos no los puede hacer al mismo tiempo, ya que el recurso tiene capacidad limitada. El recurso tiene que hacer las tareas en secuencia, en lugar de ejecutarlas en paralelo, a eso se le llama dependencia.

El punto diferenciador entre la ruta crítica y cadena crítica es la competencia por los recursos, en algunos proyectos esta competencia es muy grande para que la absorban los amortiguadores. La metodología de CCPM elimina la competencia por recursos. Si un recurso determinado puede impactar la fecha de terminación del proyecto, se puede buscar que otro recurso con las mismas capacidades pueda apoyarlo o acomodar la secuencia de tal forma que se pueda hacer en serie modificando el momento de ejecución. O sea, buscar qué actividades se podrían hacer mucho antes o mucho después. Aquí es donde surge la Cadena Crítica cuando se elimina la competencia por los recursos, ésta cadena generalmente es más larga que la ruta crítica y la posición de los amortiguadores debe cambiar de lugar para proteger la cadena crítica.

Una de las formas de generar conflicto entre recursos es tratar de dar respuesta a pretensiones externas y simultáneamente querer cumplir con compromisos adquiridos, por lo tanto, para dar respuesta a los requerimientos externos se debería repartir el recurso entre todos los proyectos pero para cumplir los compromisos adquiridos deberíamos mantener los recursos

en el proyecto en curso, lo cual es imposible hacer simultáneamente. En la siguiente figura se presenta éste conflicto.

Fig. 14 Nube para solucionar el conflicto entre recursos.



Fuente: Producción del autor.

El diagrama lógico se expresa de la siguiente forma. Por un lado: **Para** Gestionar los recursos de forma óptima, **Debo** dar respuesta a requerimientos externos y **Para** dar respuesta a requerimientos externos **Debo** repartir el recurso en todos los proyectos. Por el otro lado: **Para** Gestionar los recursos de forma óptima, **Debo** cumplir los compromisos adquiridos y **Para** cumplir los compromisos adquiridos **Debo** mantener los recursos en el proyecto en curso. Esta es la forma correcta de leer la nube.

El conflicto por los recursos se debe a que no se dispone de un mecanismo eficaz de sincronización, entre proyectos para entornos de multiproyectos o dentro del mismo proyecto para proyectos únicos, que permitan mejorar la productividad versus la velocidad.

La forma de solucionar éste conflicto según CCPM se fundamenta en:

Tabla. 11 Solución de conflicto por recursos.

NÚMERO	PASOS PARA SOLUCIONAR EL CONFLICTO POR RECURSOS
1	Identificar el recurso más cargado
2	Planificarlo según el concepto de amortiguador. Protección compartida entre las diferentes tareas generando un amortiguador de capacidad
3	Reubicar las tareas en función del recurso más cargado, como parte de la planeación de los proyectos individuales (subordinación a la restricción)
4	El amortiguador de capacidad es la protección compartida entre las tareas del recurso más cargado. Esto permite que los retrasos no se acumulen y acaben afectando
5	Regresar al proceso de planeación para identificar si se encuentra otro recurso cargado

Fuente: Producción del autor.

Por consiguiente, en ambientes multiproyectos para evitar las malas multitareas, la nivelación de recursos debe vincular a todos los proyectos. No obstante, basta con identificar el recurso más cargado y se debe escalonar el recurso con el fundamento de su disponibilidad. Se puede también usar un tambor virtual al seleccionar una tarea o un grupo de tareas (normalmente punto de integración) y limitar el número de proyectos en la etapa de realización.

Los pasos para solucionar el problema de los multiproyectos son:

1. Decidir qué proyectos puede congelar.
2. Reducir las multitareas malas entre proyectos.
3. Escalonar los proyectos con base en el tambor virtual (punto de integración).

5. PROGRAMACIÓN DE LA CADENA CRÍTICA.

Antes de abordar la temática de programación se presentarán las principales carencias de la gestión clásica de proyectos.

Tabla. 12 Carencias de la gestión clásica de proyectos.

CARENCIA	DESCRIPCIÓN
No aborda el problema de la limitación de recursos	El método clásico se basa en la precedencia existente en las diferentes tareas y asume una capacidad infinita de los recursos.
No considera la variabilidad ni sus causas	Tiende a tomar las proyecciones de tiempo de forma determinista e independiente entre sí.
No considera la influencia del comportamiento humano	Una de las fuentes de pérdida de tiempo en la ejecución de un proyecto la origina el síndrome del estudiante y la ley de Parkinson, que no son tenidas en cuenta en la gestión clásica de proyectos.
No contempla los entornos de multiproyectos	La situación de un proyecto único con recursos exclusivos no es lo habitual, mientras que entornos de varios proyectos con competencia por los recursos compartidos es lo más usual.
Contempla el avance del proyecto contra un cronograma planeado	No hay prioridad o criterios para medir el avance del proyecto, por lo tanto, genera que el último porcentaje del proyecto sea el más largo.

Fuente: Tomado de cadena crítica, Goldratt 1997.

Como ya se indicó, el método de ruta crítica se asocia al camino cuyas tareas duran más, la evolución que presenta TOC con CCPM en la Cadena Crítica es que no solo las tareas dependen de la finalización de las anteriores, tiene en cuenta la dependencia de los recursos. Un recurso no puede hacer tareas simultaneas, pero si puede hacer tareas sucesivas.

5.1 ETAPAS EN LA PROGRAMACIÓN DE LA CADENA CRÍTICA

Según CCPM, la cadena crítica es la cadena más larga de tareas que considera tanto dependencias entre tareas como dependencias entre recursos. O sea, también reconoce los retrasos por disponibilidad de los recursos, como las demoras por tareas dependiente. Los siguientes son los pasos a tener en cuenta en la programación con cadena crítica.

- El primer paso es visualizar cada tarea por el perfil del recurso que lo va a realizar. En este punto se identifica cual es el perfil del recurso más cargado y que puede ser la limitación del sistema.
- A continuación se elige la cadena crítica comenzando desde la última tarea (fecha de entrega), hasta la primera tarea del proyecto, teniendo en cuenta que los perfiles de los recursos sean homogéneos.
- Primera consideración a tener en cuenta si un mismo recurso tiene que ejecutar tareas simultaneas: dos tareas que pertenezcan a la cadena crítica no deben solaparse en el tiempo (ejecutarse en paralelo) y deben ser dependientes temporalmente una de la otra. En esta etapa el gerente de proyectos deberá asignar los recursos a las tareas de la cadena crítica y aplicar los criterios propios del proyecto. Se recomienda aplicar dependencia fin a comienzo a las tareas de la cadena crítica.
- El siguiente paso es cambiar el perfil del recurso por el nombre del recurso en todas las tareas de la cadena crítica e identificar en qué punto un recurso de la cadena crítica cambia a otro de una ruta de alimentación. Esto es importante para identificar ramas que nuevamente desembocan en la cadena crítica, esto con el fin de determinar el número de amortiguadores de alimentación.

- En este paso cambia la fisionomía del cronograma que teníamos en la planeación. Según la metodología debemos reducir todas las tareas de la cadena crítica a la mitad del tiempo, revisando que no son tiempos estáticos, como los físicos o los químicos. Ese tiempo se ubica al final de la última tarea de la cadena crítica como amortiguador de proyecto y luego ese amortiguador se divide en dos. Debido a que las estimaciones iniciales se reducen a la mitad, entonces estadísticamente un 50% de las tareas cumplirán con el tiempo y el otro 50% de las tareas no cumplirá, por este motivo se deja un amortiguador de proyecto que es el 50% de todos los tiempos de seguridad de las tareas de la cadena crítica para garantizar el cumplimiento de la fecha de entrega. En resume, se ha redistribuido la duración de las tareas, se creó un amortiguador de proyecto y el tiempo resultante es menor al que se tenía anteriormente. En la planeación del proyecto los ejecutores instintivamente protegen las estimaciones de la ley de Murphy, la ley de Parkinson, el síndrome del estudiante, pero para una programación con cadena crítica estas fuentes de pérdida de tiempo deben estar controladas.
- Este mismo procedimiento se realiza con las rutas de alimentación, teniendo como resultado los amortiguadores de alimentación, que se ubican a la entrada de la ruta crítica. Estos amortiguadores (de proyecto y de alimentación) tienen como objetivo disminuir la vulnerabilidad del sistema a las desviaciones estadísticas, es decir, a retrasos en la ejecución de cada paso del proyecto.
- En este punto el tiempo del proyecto se ha reducido considerablemente con la garantía de que se han tratado las limitaciones del sistema, para garantizar un tiempo de entrega menor. Por definición esta metodología permite que cualquier sistema complejo (gran cantidad de recursos interdependientes), tenga solo unos pocos pasos que limiten la

producción del sistema. Esta restricción es la que impide que la organización sea siempre próspera.

El método de programación con cadena crítica se desarrolla hacia atrás en el tiempo, tomando como arranque la fecha de finalización del proyecto. Esto puede resultar natural ya que cuando se aborda la ejecución de un proyecto se le informa al gerente de proyecto la fecha de finalización o cuando se necesitan los resultados. Una vez elaborado el cronograma, éste le indicará cual es la fecha más tardía para comenzar, teniendo como foco la fecha de terminación del proyecto.

En la programación de proyectos tradicional, las tareas se programan tan temprano como sea posible, esto coloca las tareas más cerca del inicio del proyecto. Mientras tanto la CCPM programa las tareas tan tarde como sea posible, poniendo las tareas lo más cerca posible de la terminación del proyecto. Los beneficios de este enfoque se ven en la siguiente tabla.

Tabla. 13 Beneficios de la programación con cadena crítica.

NÚMERO	BENEFICIOS DE LA PROGRAMACIÓN CON CADENA CRÍTICA
1	Se minimiza el trabajo en proceso.
2	El uso de amortiguadores permite manejar tareas que demoren más de lo estimado.
3	Evita la competencia por los recursos
4	No se incurre en gastos anticipados.
5	Asegura la terminación del proyecto en el tiempo estimado

Fuente: Producción del autor.

5.2 IDENTIFICACIÓN DE LOS AMORTIGUADORES

Cuando los tiempos de ejecución de las tareas se estiman con tiempos promedio, cualquier perturbación en la cadena crítica afecta directamente la fecha de finalización del proyecto de perforación. Por lo tanto, la finalidad del buffer o amortiguador es proteger la fecha de finalización del proyecto de las fluctuaciones. El tamaño del amortiguador debe tener en cuenta todo el riesgo acumulado a lo largo de la cadena crítica.

Como ya lo hemos visto, en lugar de proteger cada actividad o cada paso del proyecto, se debe proteger el proyecto en su totalidad. Esto se hace quitando la protección o amortiguado a cada paso y agregándolo al final del proyecto. En vista que las tareas individuales han sido desprovistas de su protección, la ventaja de este nuevo enfoque reside en el hecho de que los tiempos estimados para ejecutar las tareas en la fase de planeación aseguran una probabilidad del 50% de terminar a tiempo, por lo tanto la mitad de las tareas deben terminar antes y la otra mitad con cierto retraso, por consiguiente el amortiguador del proyecto puede ser mucho más pequeño que la suma de los tiempo de contingencia eliminados en todos los pasos de la cadena crítica del proyecto de perforación.

Este manejo del amortiguador de tiempo del proyecto nos protege de la pérdida de tiempo por la dependencia entre tareas, puesto que si varias tareas se ejecutan en serie, el hecho de finalizar una actividad antes de tiempo genera que la siguiente tarea inicie de forma anticipada ganando tiempo valioso. Caso contrario sucedía con la metodología anterior que lo normal es que cada actividad empiece en la fecha programada perdiendo el tiempo ganado en actividades precedentes.

5.2.1 Amortiguador de proyecto

Es la medida de la incertidumbre del proyecto y su finalidad es adsorber los efectos acumulativos de las perturbaciones aleatorias. Para generar el amortiguador de proyecto primero tengo que estimar el tiempo medio de todas las tareas que tiene el proyecto, lo cual es lo más difícil del proceso de programación, ya que las actividades pueden no contar con la cualidad de repetitividad. En la organización la persona más apropiada para estimar los tiempos de las tareas es el personal que las ejecuta.

5.2.2 Amortiguador de alimentación

Lo general en los proyectos de perforación es tener varias cadenas que alimenten a la cadena crítica, por lo tanto, es crucial proteger de la variabilidad estas cadenas de alimentación para que no afecten la fecha de finalización del proyecto. La función del amortiguador de alimentación es proteger la cadena crítica de la variación de tiempo y dependencia de recursos ayudando a terminar el proyecto en el plazo establecido.

Si en cualquier caso el buffer o amortiguador de alimentación es consumido por fluctuaciones muy importantes, esto no afecta directamente la fecha de finalización del proyecto, debido a que tenemos un amortiguador de proyecto. El amortiguador de proyecto no solo protege la cadena crítica sino las cadenas no críticas.

5.2.3 Amortiguador de recurso

Este buffer o amortiguador sirve para evitar que un recurso determinado que tiene que realizar varias tareas, este ocupado cuando tenga que ejecutar tareas de la cadena crítica.

Un ejemplo de este amortiguador, es que dos (2) semanas antes de que un recurso vaya a ejecutar una tarea en la cadena crítica, tenga un aviso para que esté disponible cuando sea requerido. Generalmente, esta notificación se hace varias veces así: primero dos semanas antes, luego una semana antes, después dos días antes. Esto con el fin de evitar el riesgo de perder tiempo en el proyecto.

En la siguiente tabla se exponen las ventajas de utilizar los diferentes amortiguadores en un proyecto de perforación.

Tabla. 14 Ventajas de utilizar los amortiguadores.

NÚMERO	VENTAJA AL USAR AMORTIGUADORES EN UN PROYECTO DE PERFORACIÓN
1	La programación con CCPM es un enfoque sistémico que no solo se enfoca en el tiempo de duración de las actividades, también incluye la competencia por recursos
2	Permite programar de forma retardadora los tiempos de duración de las tareas del proyecto, evitando el impacto de la ley de parkinson
3	El amortiguador permite un enfoque global y prioriza la gestión de los recursos, disminuyendo el tiempo total de ejecución de un proyecto de perforación
4	El uso del amortiguador de recurso permite poner atención a recursos escasos e importantes, evitando que pongan en peligro la fecha de finalización del proyecto
5	En ambientes multiproyectos los amortiguadores permiten enfocar la atención gerencial
6	Utilizando amortiguadores se evita que el ejecutor de la tarea sufra el síndrome del estudiante
7	El uso de un amortiguador general y no protecciones locales, genera que cualquier ganancia de tiempo en una actividad se vea reflejado en el proyecto

Fuente: Producción del autor.

5.3 UBICACIÓN DE LOS AMORTIGUADORES EN LA CADENA CRÍTICA Y LÍNEA DE ALIMENTACIÓN.

Para evitar el impacto que tiene la terminación del proyecto en una fecha posterior a la proyectada, en lugar de proteger todos los pasos del proyecto con tiempo de contingencia, la metodología de CCPM busca proteger el proyecto en su totalidad. Esto lo hace quitando el tiempo de contingencia de cada paso y entregándoselo al proyecto.

El amortiguador de proyecto que protege la cadena crítica, se ubica después de la última actividad del proyecto que también corresponde a la última actividad de la cadena crítica. Este amortiguador de proyecto no solo protege a la cadena crítica, sino igualmente, a las rutas de alimentación ya que si se da una variación de tiempo considerable en una de ellas, este amortiguador adsorbe dicha variación protegiendo la fecha de finalización del proyecto.

El amortiguador de alimentación, al igual que el anterior, se ubica después del último paso o tarea de esa ruta de alimentación y protege de la variabilidad a la ruta de alimentación donde se ubica. Hay tantos amortiguadores de alimentación como rutas de alimentación en el proyecto.

Los amortiguadores cuya unidad de medida es el tiempo, tienen como objetivo general contraerse automáticamente cuando una tarea demanda más tiempo del planeado. Estos amortiguadores se ubican estratégicamente para evitar afectar la fecha de terminación del proyecto.

5.4 GERENCIA DEL AMORTIGUADOR.

La gerencia o administración del amortiguador es muy relevante para el seguimiento del desempeño del proyecto por CCPM. Se debe realizar seguimiento de los amortiguadores y

realizar acciones dependiendo del gasto de dichos amortiguadores, producto de los cambios en la programación de las tareas. Los siguientes son los aspectos más importantes a tener en cuenta en el gerenciamiento del amortiguador:

Tabla. 15 Aspectos importantes en la gerencia del amortiguador.

NÚMERO	ASPECTOS DE LA GERENCIA DEL AMORTIGUADOR
1	Tener facilidades para actualizar la programación.
2	Tomar decisiones de reasignación de recursos en ambientes multiproyectos.
3	Poder reasignar recursos para la elaboración de presupuestos en nuevos proyectos.

Fuente: Producción del autor.

Al utilizar el método de CCPM, lo que se busca no es terminar en la fecha estimada de finalización, sino terminar en una fecha anterior a la planeada.

En multiproyectos al sincronizar la Cadena Crítica, se generan prioridades claras con los recursos basados en el escalonamiento y el consumo del amortiguador, lo cual permite que los proyectos finalicen más rápido, los niveles de carga para los recursos sean más uniformes a través de los proyectos, utilizar de manera más eficiente los recursos globales y proporciona un medio para analizar el impacto del cambio de los recursos de un proyecto a otro (Kirpes, 2014).

5.5 ASPECTOS EN LA EJECUCIÓN.

Para llevar a cabo este paso, revisamos los puntos más importantes en la ejecución de los proyectos de perforación. Para un adecuado control de la ejecución de un proyecto se debe prestar especial atención en la calidad de los reportes del estado del proyecto y la gestión de los amortiguadores. Para que cualquier sistema funcione bien se requiere tener información

adecuada en el momento indicado, lo que es más importante, al interior del proyecto se debe acordar el contenido de los informes de avance y su periodicidad. La periodicidad dependerá de contextos particulares de cada proyecto, pero siempre con el objetivo de mejorar las herramientas para la toma de decisiones gerenciales.

Así mismo, solo se deberán informar y actualizar actividades que estén en ejecución. Los informes contendrán la fecha estimada de finalización de esas tareas y como es propio del modelo de CCPM, los informes contendrán pocas actividades en concordancia con el criterio de minimizar las multitareas.

A partir de estos informes donde se actualizan las tareas en ejecución, el método evalúa lo encontrado de dos formas: El grado de avance de la cadena crítica y el porcentaje de consumo de los amortiguadores. Como resultado, un avance importante en la cadena crítica y un bajo porcentaje de consumo de los amortiguadores muestra unos parámetros positivos del proyecto en ejecución, mientras que un mínimo avance en la cadena crítica y un alto consumo de los amortiguadores refleja un mal desempeño del proyecto.

CONCLUSIONES

- Al estructurar la aplicación de CCPM en proyectos de perforación se promueve un cambio en la perspectiva, pasando del cumplimiento de tareas individuales e hitos (óptimos locales), al cumplimiento de la fecha de terminación del proyecto (meta del proyecto), lo que ayuda al enfoque Gerencial.
- La Teoría de Restricciones proporciona habilidades gerenciales basadas en procesos lógicos de pensamiento y relaciones causa efecto, que ayudan a los líderes de proyectos a entender y comunicar efectivamente las ideas, a priorizar acciones, prever consecuencias y analizar paradigmas relacionando la causa con el efecto producido.
- En los procesos de selección de contratistas para la ejecución de obras, el criterio que más peso tiene es el valor propuesto por el proveedor, lo cual va en contravía con lo más importante por proteger, el tiempo de entrega del proyecto, ya que un contratista barato es poco confiable. El enfoque gerencial debe ser ganar dinero y no ahorrar dinero.
- Para un enfoque correcto del Gerente de proyectos donde se aplica CCPM, las circunstancias que genera el uso de los principios de la teoría de restricción son situación donde las partes siempre ganan, en otras palabras, TOC produce siempre escenarios Ganar – Ganar.
- Una de las ventajas que produce diseñar la programación del proyecto de perforación aplicando la metodología de CCPM, es la alineación de toda la compañía en una misma dirección, lo cual, por sí mismo genera un gran avance en la dirección correcta, al diluir los problemas que comúnmente se presentan cuando no hay coherencia entre los

objetivos del nivel ejecutivo y los objetivos del nivel operativo. Todos los objetivos deben apuntar a un contexto global.

- En un proyecto de perforación, los incrementos de costos en la ejecución son menos importantes que la extensión de plazos para la terminación del proyecto. Esto se debe a que la extensión del plazo de terminación del proyecto afecta fuertemente el tiempo de recuperación de la inversión y el ROI, por lo tanto, desde el punto de vista financiero es mejor gastar más en la ejecución del proyecto, si con esto se protege la fecha de finalización del proyecto.
- Uno de los problemas más comunes en la fase de planeación es que un gerente de proyectos asigne múltiples tareas a un mismo recurso y este problema se agudiza cuando a las tareas asignadas se les da la misma prioridad. La ideología de CCPM es que la meta de un proyecto sea finalizar su ejecución en el tiempo propuesto y no la de terminar las tareas individuales a tiempo.
- La aplicación de CCPM en la planeación de proyectos de perforación aporta los siguientes beneficios: 1) Obtener listados de tareas para todos los recursos teniendo prioridades claras evitando así multitareas dañinas que son contrarias a la productividad, 2) Tener plazos claros para la ejecución de tareas críticas en función de las actividades a ejecutar por recurso, 3) Generar un método de control que permite una visión clara del estado del proyecto.
- La aplicación del método de CCPM en proyectos de perforación, permite medir de forma más real el grado de ejecución del proyecto. La medida habitualmente usada basada en la relación de costos ejecutados Vs. costos previstos, suele no mostrar la realidad de un

proyecto, dado que cuando avanza una ruta paralela de alimentación, no tenemos un avance en el proyecto. Por tal motivo, medir la evolución del proyecto teniendo como referencia solo las tareas de la cadena crítica presenta un progreso real del proyecto.

- Esta nueva metodología en la etapa de programación para proyectos de perforación, genera ganancias de tiempo al atacar la dependencia entre las tareas, ya que una ganancia de tiempo en una tarea hace que la siguiente inicie inmediatamente, caso contrario sucede con la ejecución clásica de proyectos que anima a que las actividades empiecen en las fechas programadas, perdiendo los tiempos ganados en tareas anteriores.
- Si en la programación del proyecto de perforación se trabaja cada paso con un amortiguador por actividad, la priorización se realiza localmente, mientras que al trabajar con un único amortiguador la priorización es global y ésta se ajustará mejor a la estrategia de la compañía, dándole prioridad a los resultados globales.
- El método de CCPM exige rigor en términos de reporte, ya que requiere de información objetiva para tener un diagnóstico adecuado de la situación actual. Con este requisito la toma de decisiones es sencilla, asertiva y poco problemática.
- La sencillez del método es un aspecto positivo que puede resultar definitivo para motivar a una decisión positiva de implementación en la organización.
- Las ventajas que obtendrá una organización al implementar CCPM en los proyectos de perforación son: 1) Los proyectos terminaran más rápido, 2) mejorará el clima laboral y la efectividad del equipo de proyectos porque estarán más cómodos con la incertidumbre y no se regirán por la eficiencia local, 3) El gerente del proyecto tendrá un método claro para medir el avance del proyecto, lo que mejorará el enfoque para la toma de

decisiones, 4) El gerente de proyectos tendrá una herramienta efectiva para tomar decisiones basado en prioridades de los pasos pertenecientes a la cadena crítica, la capacidad de los recursos disponibles y el consumo del amortiguador, 5) Enfoca la atención en pocos puntos, a nivel general en el recurso más cargado, la cadena crítica y sus amortiguadores, 6) Facilita la comprensión del proyecto por parte de todos los niveles involucrados, compartiendo los mismos criterios.

- Al aplicar el método de CCPM en proyectos de perforación, la compañía tendrá una ventaja competitiva al ofrecer proyectos que tienen unos plazos más cortos, lo cual tiene implicaciones positivas en lo operativo y táctico. Además, al tener proyectos con ejecuciones más cortas tendrá los recursos disponibles antes, lo que supone beneficios económicos para la compañía en términos de flujo de caja.

RECOMENDACIONES

- Es necesario que el Gerente de proyectos implemente un mecanismo de control efectivo que mida el avance del proyecto con respecto al avance de la cadena crítica, aboliendo la medición del avance de los proyectos respecto a la cantidad de trabajo o de inversión que ya se realizó, comparándola con a la cantidad que queda por hacer.
- En los proyectos de perforación el proceso de planeación generalmente protege los tiempos de cada tarea para evitar incurrir en entregas fuera de plazo. Esta práctica se debe a un mal enfoque debido a que los adelantos en una cadena de pasos se pierden y los atrasos se acumulan. Usando un enfoque global, se utiliza los amortiguadores para proteger de la fecha de entrega del proyecto. Esta es la propuesta de CCPM para proteger los proyectos contra la incertidumbre.
- El aprovechamiento de los recursos no se debe enfocar en términos de saturación del recurso. Este punto debe ser entendido como un uso que favorezca el flujo adecuado del proyecto.
- La cultura organizacional debe adaptarse a nuevos conceptos y a nuevos significados, para poder tener un proyecto con un desarrollo armónico sin conflicto entre los recursos que ejecutan el proyecto y el gerente del proyecto. Así mismo, para lograr los beneficios esperados, se necesita establecer un ambiente adecuado al interior del proyecto, que integre y maneje los elementos vistos del comportamiento humano y facilite la aplicación de los conceptos del método.
- En la ejecución debemos tener en cuenta dos puntos muy importantes: tener una buena actualización del estado de los trabajos en ejecución y una gestión adecuada de los

amortiguadores. Por consiguiente, los reportes del proyecto deben mostrar el grado de avance sobre la cadena crítica y el porcentaje de consumo del buffer o amortiguador. Un mayor consumo del primero con relación al segundo muestra un recomendable desarrollo del proyecto, mientras que lo contrario indica un deficiente desarrollo del proyecto y por lo tanto, hay que tomar acciones para revertir esa tendencia. Esto supone una ruptura de la forma de pensar tradicional, ya que considera aspectos diferentes a los usados en la gestión de proyectos clásica.

- Para darle continuidad a este trabajo y verificar las conclusiones, se recomienda utilizar los conceptos presentados aquí y formularlos en un caso real para contrastar los resultados con los beneficios encontrados de forma teórica.

REFERENCIAS

- Abisambra, A., & Mantilla, L. (2008). Aplicación de la teoría de restricciones (TOC) a los procesos de producción de la planta de fundición de Imusa. *Soluciones de Postgrado EIA*, (2), 121-133.
- Agilar, O. (2003). *Teoría de restricciones y su proceso de pensamiento (Una breve síntesis)*. Bogotá: Piensalo.com. Recuperado de http://www.piensalo.com/w/documentos.php?id_documentos=11.
- Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la investigación*. Bogotá D.C, Colombia: Pearson.
- Bhardwaj, A., Gupta, A., & Kanda, A. (2010). Drum-Buffer-Rope: The Technique to Plan and Control the Production Using Theory of Constraints. *International Scholarly and Scientific Research & Innovation*, 4 (9), 89-92.
- Caicedo, C. P. (2005). *Propuesta de mejoramiento de los flujos de productos en la línea de formados de la planta de producción de alimentos precocidos congelados Klik S.A.* (Tesis de especialista). Universidad de la Sabana, Chía, Colombia.
- Castillo, A., Candelier, R., & Candelier, E. (2012). *Planeación, Programación y Control de Proyectos Método Cadena Crítica*. Recuperado de <https://issuu.com/cadenacritica/docs/cadenacritica>.
- Coronado, A. J., López, G. C., & Gonzalez, J. M. (2012). *Planeación & Planificación de Proyectos Método de la Cadena Crítica*. Recuperado de https://issuu.com/anibelkadejesuscoronado/docs/metodo_de_la_cadena_critica_intec.
- Choon Ean, K. (2003). *Manual táctico para principiantes*. TOC For Education, Inc.

- Davies, J., Mabin, V. J., & Balderstone, S. J. (2005). The theory of constraints: a methodology apart? - a comparison with selected OR/MS methodologies. *Omega, The International Journal of Management Science*, 33 (1), 506-524.
- Debernardo, H. (2012). *Nacimiento y evolución de la Teoría de las Restricciones (TOC)*. Cimatic. Recuperado de <http://www.cimatic.com.mx/nacimiento-y-evolucion-de-la-teoria-de-las-restricciones/>.
- Debernardo, H. (2013). *¿Qué Meta persiguen las organizaciones, ganar dinero o ahorrarlo?*. Cimatic. Recuperado de <http://www.cimatic.com.mx/la-asignatura-pendiente-en-las-organizaciones/>.
- Díaz, B., & Schriels, E. (2013). *Programación de Proyectos Método Cadena Crítica*. Recuperado de https://issuu.com/ericschriels/docs/programacion_cadena_critica.
- Duval, A. E., & Cruz, J. P. (2013). *Método de Cadena Crítica*. Recuperado de https://issuu.com/jpcc21/docs/cadena_critica_issuu.
- El mejor secreto de las empresas exitosas. (2012, 2 de septiembre). *Revista Dinero*. Recuperado de <http://www.dinero.com/gestion/articulo/el-mejor-secreto-empresas-exitosas/158770>.
- Estepa, L. A. (2009). *Aplicación de la Teoría de Restricciones para mejorar la productividad de los procesos de manufactura en una empresa de alimentos de consumo masivo* (Tesis de especialista). Universidad de la Sabana, Chía, Colombia.
- Goldratt, E. M., & Cox, J. (1984). *La meta, un proceso de mejora continua*. Buenos Aires, Argentina: Granica.

Goldratt, E. M. (1997). *Cadena Crítica*. Buenos Aires, Argentina: Granica.

Goldratt, E. M. (2008). *Standing on the Shoulders of Giants*. Goldratt Consulting White Paper.

Goldratt, E. M. (2009). *La Decisión, cómo elegir la mejor opción*. Buenos Aires, Argentina: Granica.

Goldratt, E. M. (2013, 24 de enero). *La Ciencia de la Gerencia (Subtitulado) - Eli Goldratt [Web Log Post]*. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=HN03Q7p5fyo>.

González, A. F. (2003). *Estudio técnico del proceso de laminación en Alfa Empaques Flexibles S.A., condiciones apropiadas para adoptar la política del correccaminos utilizando Kaizen, y herramientas de la Teoría de Restricciones (TOC)* (Tesis de pregrado). Universidad de la Sabana, Bogotá, Colombia.

González, J. A., Ortigón, K., & Rivera, L. (2003). Desarrollo de una metodología de implementación de los conceptos de TOC (teoría de restricciones), para empresas colombianas. *Estudios Gerenciales Universidad ICESI*, (87), 27-49.

Gupta, A., Bhardwaj, A., & Kanda, A. (2010). Fundamental Concepts of Theory of Constraints: An Emerging Philosophy. *International Scholarly and Scientific Research & Innovation*, 4 (10), 595-601.

Izmailov, A. (2014). If your company is considering the Theory Of Constraints. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 150 (1), 925-929.

- Kirpes, C. (2014). Evaluating the Use of Scheduling Techniques: Critical Chain Project Management. Conferencia llevada a cabo en el 2014 Industrial and Systems Engineering Research Conference, Ames, United States.
- Manotas, D. F., Manyoma, P. C., & Rivera, L. (2003). 4. Hacia una nueva métrica financiera basada en teoría de restricciones. *Estudios Gerenciales Universidad ICESI*, (87), 61-75.
- Marris, P. (Junio, 2012). Using TOC to boost Lean Organisations, *2012 TOCICO International Conference*. Conferencia llevada a cabo en el 2012 TOCICO International Conference, Chicago, United States.
- Marín, W., & Gutiérrez, E.V. (2013). Desarrollo e implementación de un modelo de teoría de restricciones para sincronizar las operaciones en la cadena de suministro. *Revista EIA*, 10 (19), 67-77.
- Montalvo, R. (2011). *Utilización de la Teoría de Restricciones en la Estrategia de una Empresa*. Reflexiones estratégicas. Recuperado de <http://reflexionesestrategicas2011.blogspot.com.co/2011/10/utilizacion-de-la-teoria-de.html>.
- Naor, M., Bernardes, E. S., & Coman, A. (2013). Theory of constraints: is it a theory and a good one?. *International Journal of Production Research*, 51 (2), 542-554.
- Páez, H. M. (2014, 06, 18). Gerencia de Proyectos con Cadena Crítica. *Lerversens*. Recuperado de <http://leversens.com/gerencia-de-proyectos-y-la-teoria-de-restricciones-toc/>.
- Parkinson, C. N. (1998). *Ley de Parkinson y otros estudios en administración*. Barcelona, España: Seix Barral.

- Pedraza, C. A. (2015). *Teoría de restricciones como estrategia para mejorar el nivel de servicio (line fill rate) en la planta ceramita de la organización Corona* (Tesis de maestría). Universidad de la Sabana, Chía, Colombia.
- Perdomo, E., & Vargas, M. (2013). *Programación de Proyectos Método Cadena Crítica*. Recuperado de https://issuu.com/eperdomo/docs/cadena_critica_listo.
- Pérez, N. J., Montero, J. A., & Tavaréz, R. R. (2012). *Método de la Cadena Crítica*. Recuperado de https://issuu.com/alexmonterop/docs/libro_metodo_de_la_cadena_critica.
- Pirasteh, R. (Noviembre, 2007). "TLS Continuous Improvement Trio" Is It Not The Time To Think Differently?, *2007 TOCICO International Conference*. Conferencia llevada a cabo en el 2007 TOCICO International Conference, United States.
- Project Management Institute, Inc. (2008). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK) Cuarta edición*. Pensilvania, EEUU: Project Management Institute.
- Rand, G. K. (2000). Critical chain: the theory of constraints applied to project management. *International journal of project management*, 18 (00), 173-177.
- Steyn, H. (2000). An investigation into the fundamentals of critical chain project scheduling. *International journal of project management*, 19 (01), 363-369.
- Theory of Constraints International Certification Organization (2014). *TOCICO*. Recuperado de <http://www.tocico.org/?page=toc>.

Watson, K. J., Blackstone, J. H., & Gardiner, S. C. (2007). The evolution of a management philosophy: The theory of constraints. *Journal of Operations Management*, 25 (1), 387-402.

Wikipedia. *Ley de Murphy*. Recuperado el 10 de abril de 2016, de https://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_Murphy.