



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN
INGENIERÍA

FACULTAD DE
INGENIERÍA

**Aplicación de la Teoría de restricciones para diagnóstico y
propuesta de mejora en los procesos de una PyME**

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA

INGENIERÍA DE SISTEMAS – INGENIERÍA INDUSTRIAL

P R E S E N T A :

JESÚS MENDOZA REYES



TUTOR:
M.I. ANN WELLENS PURNAL

2011



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

Presidente:	(Dra. Flores De La Mota Idalia)
Secretario:	(M.I. Soler Anguiano Francisca Irene)
Vocal:	(M.I. Wellens Purnal Ann)
1 ^{er.} Suplente:	(M.I. Ponce de León Morales Fernando)
2 ^{do.} Suplente:	(Dr. Sánchez Guerrero Gabriel De Las Nieves)

Lugares donde se realizó la tesis:

- Universidad Nacional Autónoma de México. **Facultad de Ingeniería**, Av. Universidad 3000, Ciudad Universitaria, Coyoacán, México D. F. CP 04510.
- Calle del deporte 1, Colonia Hércules, Querétaro Qro. CP 76209
- Fray Bartolomé de Olmedo #161, Colonia Quintas del Marques, Querétaro, Qro, México. CP 76047

TUTOR DE TESIS:
M.I. ANN WELLENS PURNAL

JESÚS MENDOZA REYES

Índice

Capítulo 1:	Antecedentes	1
1.1.	Introducción	1
1.2.	Justificación	2
1.3.	Objetivo	2
1.4.	Alcances y limitaciones	3
Capítulo 2:	Marco teórico	4
2.1.	La mejora continua	4
2.1.1.	El concepto de mejora continua	4
2.1.2.	La necesidad de la mejora continua	5
2.1.3.	Principales metodologías existentes	6
2.1.3.1.	Lean manufacturing	6
2.1.3.2.	Seis Sigma	10
2.2.	Visión de mejora desde la perspectiva de teoría de restricciones (TOC)	15
2.2.1.	Filosofía de TOC	15
2.2.2.	El concepto de TOC	16
2.2.3.	Desarrollo histórico	17
2.2.4.	Aplicaciones / implementaciones	17
2.3.	Herramientas de teoría de restricciones	18
2.3.1.	Las cinco etapas de enfoque (Five focussing steps)	19
2.3.2.	Drum-Buffer-Rope	21
2.3.3.	Thinking process	23

2.3.3.1.	Árbol de realidad actual (Current Reality Tree, CRT)	24
2.3.3.2.	Nube de evaporación (Evaporative Cloud, EC)	25
2.3.3.3.	Árbol de realidad futura (Future Reality Tree, FRT)	26
2.3.3.4.	Árbol de prerequisites (Prerequisite Tree, PRT)	28
2.3.3.5.	Árbol de transición (Transition Tree, TT)	29
2.3.4.	Medidas de desempeño	31
2.3.5.	Cadena crítica (Critical chain), para administración de proyectos	33
Capítulo 3:	Metodología	38
3.1.	Enfoque de investigación	38
3.2.	Estrategia de investigación	38
3.3.	Estrategia para el desarrollo del estudio de caso	39
3.3.1.	Diagnostico: Identificación de la(s) restricción(es)	39
3.3.1.1.	Mapeo de los procesos a estudiar	39
3.3.1.1.1.	Mapeo de la cadena de valor (Value Stream Mapping, VSM).	40
3.3.1.1.2.	SIPOC (Supplier, Input, Process, Output, Customer)	41
3.3.1.2.	Búsqueda de los efectos indeseables	43
3.3.1.3.	Análisis de los efectos indeseables	44
3.3.1.4.	Causa raíz y problema central	45
3.1.2.	Propuesta de mejora	45
3.1.2.1.	Decidir como explotar o eliminar las restricciones	45
Capítulo 4:	Diagnóstico	47
4.1.	Procesos generales de la empresa	47
4.2.	Principales procesos de la empresa	48

4.3.	Problemas existentes en los procesos seleccionados.	55
4.4.	Análisis de los efectos indeseables	58
4.5.	Árbol de realidad actual (CRT)	63
4.6.	Causas Raíz y problema central	64
Capítulo 5:	Propuesta de mejora	65
5.1.	¿Hacia qué cambiar?	65
5.1.1.	Estrategia de operaciones	65
5.1.1.1.	¿Qué debe hacer una estrategia de operaciones?	66
5.1.1.2.	Vínculos que se generan o requieren con la estrategia de operaciones	66
5.1.1.3.	Perspectiva de la estrategia de operaciones	67
5.1.1.4.	Requerimientos del mercado y recursos operativos	68
5.1.1.5.	La estrategia de operaciones fija un patrón para la mejora	70
5.1.2.	Propuesta de cambio	71
5.2.	¿Cómo causar el cambio?	71
5.3.	Recomendaciones finales de la implementación	76
	Conclusiones y recomendaciones	78
	Bibliografía	80

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
Fig.1: Proceso de mejora continua con los FFS.	20
Fig.2: Localización de los Buffers.	22
Fig.3: Árbol de realidad actual (CRT).	25
Fig.4: Nube de evaporación.	26
Fig.5: Árbol de realidad futura.	28
Fig.6: Árbol de prerequisites.	29
Fig.7: Árbol de transición. .	30
Fig.8: Ejemplo de diagrama Value Stream Mapping	41
Fig.9: Ejemplo de diagrama SIPOC	42
Fig.10: Indicadores propuestos para el mapeo mediante SIPOC.	43
Fig.11: Ejemplo del arreglo de relaciones en el árbol de realidad actual.	45
Fig.12: Value Stream Mapping obtenido del mapeo de los procesos generales de la empresa analizada.	47
Fig.13: Mapa SIPOC del proceso de extrusión.	49
Fig.14: Mapa SIPOC del proceso de perforado.	49
Fig.15: Mapa SIPOC del proceso de moldeo/inyección.	50
Fig.16: Mapa SIPOC del proceso de materiales internos.	50
Fig.17: Mapa SIPOC del proceso de embarques. Fuente:	51
Fig.18: Mapa SIPOC del proceso de liberación.	51
Fig.19: Mapa SIPOC del proceso de recepción de materia prima.	52
Fig.20: Mapa SIPOC del proceso de mezclado.	52
Fig.21: Mapa SIPOC del proceso de planeación.	53
Fig.22: Mapa SIPOC del proceso de compras.	53
Fig.23: Mapa SIPOC del proceso de facturación	54
Fig.24: Mapa SIPOC del proceso de sistema de gestión de calidad.	54
Fig.25: Diagrama de relaciones de los efectos indeseables.	62
Fig.26: Árbol de realidad actual de la empresa analizada.	63
Fig.27: Matriz de estrategia de operaciones.	67
Fig.28: Perspectivas de la estrategia de operaciones.	68
Fig.29: La estrategia de operaciones vincula los recursos operativos con los requerimientos del mercado.	69
Fig.30: Objetivos de desempeño en base a factores competitivos.	71
Fig.31: Transición del estado actual al estado futuro.	73
Fig.32: Ejemplo de árbol de prerequisites con acciones para cumplir los objetivos intermedios.	74
Fig.33: Giro del árbol de prerequisites.	75
Fig.34: Proyección del árbol de prerequisites como un proyecto.	76

Aplicación de la teoría de restricciones para diagnóstico y propuesta de mejora en los procesos de una PyME

Capítulo 1: Antecedentes

1.1. Introducción

Actualmente existen diversas metodologías para lograr un mejor desempeño en las organizaciones; estas metodologías se han desarrollado durante la segunda mitad del siglo anterior. Una de ellas es la teoría de restricciones (TOC), la cual permite enfocar soluciones a problemas críticos de las organizaciones (sin importar su tamaño ni giro), mediante un conjunto de procesos de pensamiento que utiliza la lógica de causa y efecto para entender lo que sucede y así encontrar maneras de mejorar.

Una de las bases, es el supuesto que en todas las ciencias duras y por consiguiente también los sistemas en la vida real tienen cierta simplicidad inherente. Si se logra encontrar esa simplicidad, entonces es posible administrar, controlar y mejorar el sistema (Goldratt, 2006).

El doctor en física Eliyahu M. Goldratt fue quien desarrolló la teoría de restricciones a principios de los 80's y en el 84 se dio a conocer mediante una novela llamada "La meta". La teoría de restricciones ofrece una metodología para lograr la optimización del sistema, más allá de solamente maximizar el proceso (Dettmer, 1998). Sincronizando una organización como un todo, en lugar de una colección de partes relacionadas, se pueden lograr más rápidamente mayores niveles de desempeño del sistema. La teoría de restricciones proporciona una serie de principios rectores y conceptos, además de un conjunto de herramientas para administrar el flujo de trabajo a través del sistema y un conjunto de herramientas lógicas (árboles) para identificar las restricciones del sistema y diseñar e implementar maneras eficaces de romperlas.

Centenares de empresas, grandes y pequeñas (aun que de ellas muy pocas mexicanas) han encontrado grandes éxitos aplicando la teoría de restricciones y sus herramientas. Se ha implementado en una gran diversidad de industrias principalmente en la manufactura, en sectores como: aeroespacial, automotriz, textil, electrónica, entre otros. Algunas empresas en las que se ha implementado son: General Electric, General Motors, Dupont, Ford, Pfizer, Hewlett Packard, Honeywell, Lucent Technologies, Motorola, Procter & Gamble, United Air Lines, US Air Force, US Marine, entre otras.

1.2. Justificación

Dentro de un gran número de organizaciones se presenta una desintegración de los procesos (basados principalmente en un funcionamiento por departamentos). Se da una actuación aislada a pesar de que los resultados se dan de manera sistémica, es decir, el desempeño de un proceso afecta la actuación de los demás directa o indirectamente. Cuando se trata de realizar mejoras, los diferentes procesos velan por sí mismos buscando lograr objetivos locales (por ejemplo, el departamento de producción busca cumplir con un indicador como la eficiencia), sin atender a las necesidades de los demás (en el caso del departamento de producción, su eficiencia puede afectar los niveles de inventario), esto genera que regularmente no se alcance un objetivo global, o bien, que la mejora de un proceso afecte negativamente el desempeño de otros. Esto se da en gran medida debido a que en las organizaciones no se profundiza en el conocimiento de las metodologías que se aplican y en algunas ocasiones se guían por la metodología de moda, esto origina que a pesar de que los esfuerzos se realizan para generar una mejora, los resultados hacia un objetivo global no se cumplen de manera satisfactoria.

Una de las fortalezas que presenta teoría de restricciones es el hecho de que logra obtener resultados aceptables aun con una implementación parcial.

1.3. Objetivo

Realizar un diagnóstico y plantear una propuesta de solución en los procesos de negocio de una PyME, para habilitar un proceso de mejora continua.

Los objetivos particulares son los siguientes:

- Analizar las principales metodologías de mejora continua utilizadas actualmente para ubicar la teoría de restricciones con respecto a ellas
- Aplicar la teoría de restricciones para realizar un diagnóstico de la situación actual de los procesos de negocio de una PyME, para detectar oportunidades de mejora
- Encontrar la causa raíz que limita el desempeño actual de los procesos de negocio analizados
- Desarrollar un plan de sugerencias de mejora, para plantear una solución al problema que se detecte en el sistema analizado

1.4. Alcances y limitaciones

Los alcances de esta tesis son:

- Ubicar/presentar a la teoría de restricciones como una metodología de mejora continua
- Presentar las herramientas que forman parte de la teoría de restricciones
- Aplicar herramientas de Teoría de restricciones en una PyME para:
 - Realizar un diagnóstico de la situación actual de los procesos de negocio
 - Determinar el principal problema que restringe un mayor desempeño
 - Plantear como mejorar el desempeño de estos procesos

Las limitaciones son:

- Se presenta una aplicación parcial de la teoría de restricciones
- A pesar de que la aplicación puede ser de cinco pasos, para esta tesis se usan solo los primeros dos
- La aplicación se basa principalmente en las herramientas del proceso de pensamiento (thinking process)
- En la etapa de implementación, solo se realiza el planteamiento de las mejoras, sin llegar a su ejecución

Capítulo 2: Marco teórico

2.1. La mejora continua

Durante las últimas décadas se han desarrollado diversas metodologías para la mejora continua, todas ellas buscan generar un lazo cerrado como el presentado por Deming (círculo de de Deming: PDCA) para mejorar ya sea la calidad de un producto o el desempeño de toda la organización; algunas de estas metodologías son:

- Total Quality Management (TQM)
- Six Sigma
- Theory of constraints
- Lean manufacturing

2.1.1.El concepto de mejora continua

Como Stephen Cobey (1989) demuestra en su libro, las organizaciones deben de ser organizaciones de conocimiento. Estas deben de cambiar continuamente su forma de hacer negocios para que se puedan adaptar y convertir en el tipo de organización que necesitan ser para satisfacer las necesidades y los deseos siempre cambiantes del cliente. La necesidad de adaptación es uno de los atributos más importantes que necesita una organización para sobrevivir en el mundo altamente competitivo de la actualidad

La mejora continua se puede definir de la siguiente manera: “A partir de una petición de la alta gerencia o de un grupo de fabricación subalterno, se establece una actividad de mejora con la participación de todos los empleados y se expande el programa de forma permanente”

Aun que los empleados cuentan con oportunidades ilimitadas para mejorar los lugares de trabajo, la mayoría de las empresas tienden a creer que es “imposible realizar mayores mejoras”. No obstante, siempre se pueden llevar a cabo mejoras sustanciales en el lugar de trabajo si se cambian las perspectivas y los enfoques.

Otra definición aceptada (APCIS, 2006) es que el proceso de mejora continua es un esfuerzo de nunca acabar para exponer y eliminar las causas raíz de los problemas.

La mejora continua es también conocida como “Kaizen”, que es el término japonés para mejora (mejora continua envolviendo a todos). En manufactura, Kaizen se relaciona con encontrar y eliminar desperdicios en la maquinaria, mano de obra o métodos de producción. (APICS, 2006).

2.1.2.La necesidad de la mejora continua

La mejora continua no debe tener por objeto el ser una actividad superficial que se realice solamente por un corto periodo de tiempo. Las actividades de mejora deben de ser establecidas en el lugar de trabajo con la participación de todos los miembros; la aplicación y su desarrollo deben ser estimulados a través del tiempo.

- Las ideas para mejorar existen sin límites, dado el ambiente de transformación tanto dentro como fuera de la empresa. Además, los clientes exigen productos actualizados y de mayor calidad, una entrega más rápida y precios más bajos.
- La implementación más exitosa de una mejora tiene lugar cuando las políticas fundamentales de la alta gerencia son transmitidas de manera precisa a todos los niveles de la organización. Para que sea posible alcanzar una meta de la alta gerencia es necesario que el programa de mejora sea un programa de gran alcance, duradero y constante.
- Con frecuencia existe una gran brecha entre una situación ideal y lo que en realidad se obtiene. Es decir, la forma como se conceptualiza el estado de la organización y el estado real de esta.

Estos aspectos deberían de aclarar a la razón y antecedentes de lema: “Las actividades de mejora nunca deben cesar”

2.1.3.Principales metodologías existentes

Existen diversas metodologías que buscan mejorar los procesos y la calidad de los productos (algunas de ellas son más populares que otras). La mayoría se enfoca en manufactura, algunas de ellas son:

- Theory of Constraints (TOC)
- Deming's Management Technique
- Total Quality Management (TQM)
- Crosby Approach to Zero Defects
- Six Sigma
- Lean manufacturing

De estas metodologías, las que han visto un mayor éxito respecto a la cantidad de implementaciones en la actualidad son Lean manufacturing y seis sigma, por lo que se realizará una breve presentación de estas.

2.1.3.1. Lean manufacturing

Definición de Lean

La definición común de Lean manufacturing y el sistema de producción Toyota por lo general consiste en lo siguiente:

- Es un conjunto amplio de técnicas que cuando se combinan permiten reducir y eliminar los siete desperdicios. Este sistema no sólo hace que la empresa sea más esbelta, posteriormente será más flexible y sensible mediante la reducción de desperdicios.

¿Qué es Lean?

El sistema de producción Toyota es nombrado a menudo de forma indistinta con los términos Lean manufacturing (manufactura esbelta) y Lean production (Producción esbelta). Sin embargo, en cuanto a los aspectos técnicos, se llama lean porque, al final el proceso se puede ejecutar:

- Usando menos materiales
- Exigiendo una menor inversión
- Usando menos inventario
- Consumiendo menos espacio y
- Requiriendo de menos personal

Aún más importante, un proceso esbelto ya sea el sistema de producción Toyota u otro, es caracterizado por un flujo y predictibilidad, lo que reduce drásticamente la incertidumbre y el caos típicos de las plantas de producción. No es esbelto sólo financiera y físicamente, es emocionalmente mucho más esbelto que otros.

Filosofía

El tema central de la filosofía de manufactura esbelta es la identificación y eliminación de los residuos en la cadena de valor.

Manufactura esbelta es un proceso dinámico y en constante mejora, dependiente de la comprensión y la participación de todos los empleados de la empresa.

Para una implementación exitosa se requiere que todos los empleados estén capacitados para identificar y eliminar los desperdicios de su trabajo.

Existen desperdicios en todos los trabajos y en todos los niveles de la organización. La efectividad es el resultado de la integración del hombre, método, material y equipo en el lugar de trabajo

Tres pilares:

- El problema – Existen desperdicios en todos los niveles y en todas las actividades de la organización
- La solución - La identificación y eliminación de estos desperdicios
- Quién - Todos los empleados y departamentos de la organización

Siete tipos de desperdicios

1. Sobreproducción
2. Tiempos de espera
3. Transporte
4. Procesamiento
5. Inventario
6. Movimientos
7. Defectos

Cinco elementos primarios

Los cinco elementos primarios para la producción esbelta son el flujo de producción, la organización, el control de procesos, métricas adecuadas y logística. Estos elementos representan las diferentes facetas necesarias para apoyar un sólido programa de manufactura esbelta, y es la implementación completa de estos elementos lo que impulsa a una empresa en el camino hacia convertirse en un fabricante de clase mundial.

Esta es una definición básica de cada uno de los cinco elementos primarios:

- **Fuljo de producción:** Es el aspecto que direcciona los cambios físicos y los estándares de diseño que se implementan como parte de una célula de producción
- **Organización:** Este aspecto se centra en la identificación de las funciones de las personas, la capacitación en nuevas formas de trabajar y en la comunicación
- **Control de procesos:** Este pilar está dirigido a la supervisión, el control, la estabilización y la búsqueda de formas para mejorar el proceso
- **Métrica:** Este aspecto dirige medidas de desempeño basadas en resultados; objetivos de mejora y reconocimiento del equipo
- **Logística:** Es el aspecto que proporciona una definición de las reglas operativas y mecanismos para la planeación y el control del flujo de material

¿Cómo implementar Lean?

La implementación de una iniciativa Lean se describe a continuación. Esta debe ser administrada y ejecutada como cualquier proyecto grande. Los puntos de acción para este proyecto se elaboran a partir de dos fuentes: La primera es un conjunto de datos obtenidos de las "evaluaciones de todo el sistema". Y la segunda, será de la "evaluación específica de la cadena de valor". Ambos conjuntos de evaluaciones serán compilados con las prioridades y dan lugar a puntos de acción: Eventos kaizen.

Juntos, en un proceso de ocho pasos, todas las evaluaciones y puntos de acción se incluyen en un plan y se documentan en algún tipo de documentación del proyecto, por lo general para esto se utiliza un diagrama de Gantt. Esta es la receta de cómo implementar un proyecto Lean:

Pasos 1-3: Evaluaciones de todo el sistema y elementos de acción

1. Evaluar las tres cuestiones fundamentales para el cambio cultural.
2. Completar una evaluación de todo el sistema del sistema de fabricación actual:
 - a. Cinco pruebas de compromiso de la dirección de Lean manufacturing
 - b. Revisión de las diez razones más comunes de falla en las iniciativas Lean
 - c. Los cinco precursores para implementar una iniciativa Lean
 - d. Madurez de los procesos
3. Realizar una evaluación de la educación de la mano de obra

Pasos 4-8: Evaluaciones específicas de flujo de valor y puntos de acción:

4. Documentar el estado actual de la cadena de valor
 - a. Preparar el mapa del estado actual de la cadena de valor
5. Rediseño para reducción de los desperdicios
 - a. Preparar un mapa futuro de la cadena de valor para:
 - i. Sincronizar el suministro a los clientes de forma externa
 - ii. Sincronizar la producción a nivel interno
 - iii. Crear flujo
 - iv. Establecer sistemas de demanda pull
 - b. Crear un diagrama de espagueti
 - c. Mostrar todas las actividades Kaizen en el diagrama de Gantt
6. Evaluar y determinar los objetivos de la línea:
 - a. Determinar los indicadores críticos del proceso
 - b. Establecer objetivos específicos de la línea/producto. (Objetivo no. 1 es para proteger al cliente)
 - c. Documentar todas las actividades Kaizen encontradas durante este análisis en el diagrama de Gantt
7. Implementar las actividades Kaizen
 - a. Primero aplicar controles en el inventario de productos terminados para proteger el suministro al cliente
 - b. Poner en práctica el concepto Jidoka
 - c. Implementar todas las actividades kaizen en el diagrama de Gantt
8. Tras los cambios, evaluar el estado actual de nuevo, la tensión del sistema y luego volver al paso 4

2.1.3.2. Seis sigma

Seis sigma es una metodología de mejora de procesos de negocio adoptada por primera vez en Motorola durante la década de los 90's. La estrategia de Seis Sigma incluye el uso de herramientas estadísticas dentro de una metodología estructurada para obtener los conocimientos necesarios con el fin de lograr mejores productos y servicios, más rápidos y menos costosos que la competencia (Breyfogle III, 1999).

Una iniciativa Seis sigma en una empresa se diseña para cambiar su cultura a través de mejoras innovadoras, centrándose en un pensamiento poco convencional a fin de alcanzar objetivos aparentemente imposibles. Cuando se implementa adecuadamente, Seis sigma puede infundir capital intelectual en una empresa y producir ganancias de conocimiento sin precedentes que se pueden traducir en el logro de los objetivos de fondo (Kiemele, Schmidt y Berdine, 1997).

Seis Sigma ha sido etiquetada como una métrica, una metodología y recientemente, como un sistema de gestión. Mientras los principales practicantes de la metodología (Green Belts, Black Belts, etc.) han tenido capacitación en Seis Sigma como una métrica y como metodología, pocos han visto a Seis Sigma como un sistema de gestión global. La revisión de la métrica y la metodología puede ayudar a crear un contexto para comenzar a entender Seis Sigma como un sistema de gestión.

Seis Sigma como sistema métrico:

Sigma es la medida utilizada para evaluar el desempeño del proceso y los resultados de los esfuerzos de mejora (una forma de medir la calidad). Las empresas pueden utilizar sigma para medir la calidad, ya que es un estándar que refleja el grado de control sobre cualquier proceso para satisfacer las normas de desempeño establecidos para ese proceso en particular.

Escalas universales como temperatura, peso y longitud nos permiten comparar objetos muy distintos. La escala sigma permite comparar procesos de negocio muy diferentes, en cuanto a la capacidad del proceso para mantenerse dentro de los límites de calidad establecidos para ese proceso.

La escala Sigma mide defectos por Millón de Oportunidades (DPMO).

Seis Sigma es igual a 3.4 defectos por millón de oportunidades. La métrica Sigma permite que los procesos desiguales puedan ser comparados en términos del número de defectos generados por el proceso en un millón de oportunidades.

Seis Sigma como una metodología:

La metodología Seis Sigma se basa en las métricas Seis Sigma. Los profesionales de Seis Sigma miden y evalúan el rendimiento de un proceso utilizando DPMO y sigma. Aplican de manera rigurosa la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) para analizar los procesos con el fin de erradicar las fuentes de variación inaceptable y desarrollar alternativas para eliminar o reducir los errores y la variación. Una vez que se implementan las mejoras, los controles se ponen en marcha para garantizar mantener los resultados. Con el uso de la metodología DMAIC muchas organizaciones han logrado mejoras importantes en la calidad de productos y servicios; y en últimos años en su rentabilidad.

La metodología Seis Sigma no se limita al DMAIC. Otras técnicas de resolución de problemas y metodologías se utilizan a menudo en su marco para ampliar el conjunto de herramientas a disposición de los equipos de proyecto Seis Sigma.

Estos incluyen:

- Teoría de la Solución de Problemas Inventiva (TRIZ)
- Lean
- Las 8 disciplinas de Ford (8Ds)
- 5 por qué
- Análisis de causa “Es/No es”

Seis Sigma como un sistema de gestión:

Seis Sigma como una buena práctica es más que un conjunto de métricas basadas en la resolución de problemas y herramientas para mejora de procesos. Al más alto nivel, Seis Sigma se ha convertido en un sistema de gestión de prácticas para la mejora continua del negocio que se centra la gestión y la organización en cuatro áreas clave:

- Entender y gestionar los requisitos de los clientes
- Alineación de los procesos clave para alcanzar estos requisitos

- Utilización de rigurosos análisis de datos para comprender y minimizar la variación en los procesos clave
- Manejo rápido y sustentable de mejoras a los procesos de negocio.

Como tal, el sistema de gestión de Seis Sigma abarca tanto la métrica de Seis Sigma y la metodología Seis Sigma. Es decir, cuando Seis Sigma es implementado.

Proceso DMAIC

La implementación de la estrategia de Seis Sigma implica una serie de pasos diseñados específicamente para facilitar la mejora de procesos. Esta estrategia toma los procesos clave de fabricación, ingeniería y procesos transaccionales de todo el proceso a través de cinco fases de transformación.

Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar (DMAIC por sus siglas en inglés) comprenden las fases principales de un proyecto de mejora de procesos. Cada fase consta de un conjunto de herramientas. En lo que respecta a mejora de procesos, DMAIC es sólo uno de una variedad de metodologías propuestas.

Las cinco fases DMAIC

La ventaja del enfoque DMAIC no es la fase de alto nivel por sí misma, sino lo que está contenido en cada fase: proporcionar un enfoque común y estructurado para la solución de un problema. Para cada fase, hay algunas actividades primarias y una cuestión asociada a la respuesta global.

- **Definir:** El equipo Seis Sigma determina los límites del área de proceso para mejorar y los requisitos para la salida de ese proceso. Se responde a la pregunta "¿Qué es importante para el negocio?"
- **Medir:** El equipo determina la forma en que el proceso actual se está realizando, en comparación con los requisitos. Se responde a la pregunta "¿Qué estamos haciendo en el proceso actual?"
- **Analizar:** El equipo determina lo que está mal con el proceso. Se responde a la pregunta "¿Qué hay de malo en el proceso actual?"

- **Mejorar:** El equipo encuentra soluciones al problema y lleva a cabo un proyecto piloto sobre la solución adoptada para determinar su viabilidad. Se responde a la pregunta "¿Qué hay que hacer para mejorar el proceso?"
- **Controlar:** El equipo implementa la solución y se transfiere la propiedad del proceso de mejora de nuevo al propietario responsable. Se responde a la pregunta "¿Cómo podemos garantizar el rendimiento de manera que las mejoras sean sustentables en el tiempo?"

El objetivo principal del proceso DMAIC es reconocer las necesidades críticas de los clientes, identificar y validar la oportunidad de mejorar y actualizar los procesos de negocio. Un gran número de empresas han aumentado su rentabilidad, incrementado su presencia en el mercado y satisfacción del cliente mediante la aplicación de Seis Sigma. Empresas como Allied Signal, General Electric, Sony, Texas Instruments, Bombardier, Crane Co., Lockheed Martin, y Caterpillar han visto directamente el impacto de Seis Sigma (Harry, 1998).

El proceso DMAIC se ve descrito en la siguiente tabla:

Etapa	Descripción	Herramientas	Entregables
Definir	A Identificar CTQs del proyecto		CTQs del proyecto Carta de aprobación Mapa de alto nivel del proceso
	B Constituir equipo sigma		
	C Definir Mapas de procesos		
Medir	1 Seleccionar características de los CTQs	Cliente, QFD, AMEF	Proyecto Y
	2 Definir estándar de desempeño	Cliente, planos	Desempeño estándar para proyecto Y
	3 Análisis del sistema de medición	Gage R&R continuo, prueba/repetición, atributos R&R	Recolección de Datos , Análisis del sistema de medición, Datos para el proyecto Y
Analizar	4 Establecer la capacidad del proceso	Índices de capacidad	Capacidad de proceso para el proyecto Y
	5 Definir objetivos de desempeño	Equipo, Benchmarking	Meta de mejora para el proyecto Y
	6 Identificar fuentes de variación	Análisis de proceso, Análisis grafico, Pruebas de hipótesis	Lista de prioridad de las X
Mejorar	7 Mostrar causas potenciales	Diseño de experimentos Diseños factoriales	Lista de las X vitales
	8 Descubrir la relación de las variables	Simulación	Propuesta de solución
	9 Establecer tolerancias operativas		Pruebas piloto de solución
Controlar	10 Definir y Validar sistema de medición de las X en la aplicación actual	Gage R&R continuo, prueba/repetición, atributos R&R	Análisis del sistema de medición
	11 Determinar capacidad del proceso	Índices de capacidad	Capacidad de proceso
	12 Implementar proceso de control	Graficas de control, prueba de error, AMEF	Solución, Documentación

2.2. Visión de mejora desde la perspectiva de Teoría de restricciones (TOC)

2.2.1. Filosofía de TOC

Uno de los pilares de la Teoría de las Restricciones (Goldratt, 2006) es la hipótesis que todas las ciencias duras y en todos los sistemas de la vida real hay cierta simplicidad inherente. Si se logra encontrar esa simplicidad, entonces se puede administrar, controlar y mejorar el sistema.

En general, los cuellos de botella de un sistema o proceso productivo son los que restringen su capacidad, por lo que es necesario resolverlos antes de poder lograr mejoras en otro punto del proceso o sistema; lo anterior es un ejemplo de simplicidad inherente. Antes de resolver un cuello de botella específico, los demás problemas que pudieran existir son irrelevantes. Si se observa un sistema, lo que lo hace complejo es que cada elemento está entrelazado con otros elementos, procesos o estructuras. Son las relaciones causa-efecto las que lo hacen parecer tan complicado.

Entre menos elementos del sistema se deban modificar para lograr una mejora, ésta será más rápida y más eficiente. Cuanto más complejo sea el sistema menos serán los grados de libertad, lo que significa que si se logran encontrar los pocos elementos que de ser tocados afectarán a todo el sistema en forma positiva, entonces, se han encontrado los elementos clave del sistema.

Como ellos controlan todo el sistema, son las restricciones de este, y por lo tanto también las palancas. Si se puede averiguar cuáles son las principales restricciones del sistema y cuáles son las relaciones causa-efecto entre estas restricciones y el resto del sistema, entonces se tiene la clave para mejorar el sistema.

“Es una tarea fácil hacer complejas las cosas, pero es una tarea difícil hacerlas simples”

2.2.2.El concepto de TOC

Cada sistema debe tener al menos una restricción. Si esto no fuera cierto, entonces un sistema real como una organización con fines de lucro, podría obtener ganancias ilimitadas. Por lo tanto, una restricción es: “cualquier cosa que un limita a un sistema para lograr un mayor desempeño con respecto a su meta” (Goldratt, 1988, p. 453).

La existencia de restricciones representa oportunidades de mejora. Contrariamente al pensamiento convencional, la teoría de restricciones ve las restricciones como algo positivo en lugar de verlo de manera negativa. Debido a que las restricciones determinan el desempeño de un sistema, una elevación gradual (mejora) de las restricciones mejorará el desempeño de todo el sistema.

La teoría de restricciones se ha desarrollado desde un método de planeación de manufactura hasta una filosofía de gestión de manufactura, para construir y comunicar soluciones de sentido común a los problemas de los negocios que invariablemente envuelven más de un área funcional (Goldratt, 1990). Goldratt reconoce que toda organización está hecha para un propósito y toda acción tomada por una parte de la organización debe ser juzgada por su impacto en el propósito general.

Desde la perspectiva de sistema de negocios, la teoría de restricciones enfatiza tres dimensiones: Mentalidad, Indicadores y Metodología (Boyd y Gupta, 2004).

Mentalidad (Mindset) ¿Cuál es la meta del sistema?

Una de las principales suposiciones de Teoría de restricciones es que toda organización con fines de lucro tiene la meta de “ganar más dinero tanto ahora como en el futuro” (Goldratt y Cox, 1984) sin violar ciertas condiciones necesarias. Dos de estas condiciones son (Goldratt, 1994): (1) Proveer un ambiente de trabajo satisfactorio a los empleados tanto ahora como en el futuro y (2) Proveer satisfacción al mercado tanto ahora como en el futuro.

Diferenciando la meta (Ganar más dinero) de las condiciones (ambiente de trabajo satisfactorio y satisfacción del mercado), la teoría de restricciones se diferencia por sí misma de otros conceptos como Total Quality Management (TQM).

Indicadores ¿Cómo debe de ser medido el desempeño del sistema?

Asumiendo que la meta del sistema es ganar más dinero, la teoría de restricciones propone un grupo de medidas operacionales (indicadores): throughput, inventario y gastos de operación. Estas medidas operacionales son:

- De naturaleza financiera, ya que pueden ser traducidas como medidas de ganancias netas o retorno sobre la inversión
- Fáciles de aplicar a cualquier nivel
- Aseguran que las decisiones locales se alinean con la meta del negocio (Goldratt 1990, Godratt y Fox 1993, Noreen et al. 1996)

Metodología ¿Cómo el sistema puede ser mejorado continuamente?

Desde la aparición del OPT, como una metodología de planeación de la producción y control, la teoría de restricciones ha evolucionado en una metodología de mejora continua. Establece que toda organización tiene por lo menos una restricción; una restricción es definida como cualquier cosa que limita al sistema para alcanzar un mayor desempeño en relación a su meta.

2.2.3.Desarrollo histórico

Las raíces de la teoría de restricciones pueden ser trazadas desde el desarrollo de un software comercial para la programación de planta, conocido como OPT (Optimized Production Technology, también llamado Disaster) a finales de los 70's (Jacobs, 1983). Algunas implementaciones de OPT mostraron la importancia de:

- Reconocer los recursos como cuellos de botella y no-cuellos de botella
- Tener tiempo inactivo o de protección en los recursos no-cuello de botella
- Instituir medidas de desempeño global en lugar de medidas de desempeño local
- Desarrollar procesos de mejora enfocados

Algunas lecciones aprendidas de esas implementaciones se presentan en una novela de negocios "La meta" (Goldratt y Cox, 1984). Muchas compañías que replicaron la lógica de la historia reportaron grandes éxitos. Ese fue el inicio de la formación de la teoría de restricciones. Estas lecciones condujeron al desarrollo de las cinco etapas de enfoque (FFS, five- focussing- steps) para mejora continua y el Drum-Buffer-Rope (DBR) para planeación de la producción y "buffer management" para el control de la producción.

2.2.4.Aplicaciones / implementaciones

En un estudio publicado por la universidad Victoria de Wellington, Nueva Zelanda, se realizó un muestreo a alrededor de 100 casos de estudio, de los cuales, dependiendo de la información se encuentran los siguientes resultados:

- En una muestra de 32 casos se observó una reducción media del 69% en el tiempo de espera; más del 75% de los casos presentaron reducciones superiores al 50%.
- Para una muestra de 14 casos se observa una reducción media o mejora en el tiempo de ciclo del 66%
- En una muestra de 12 casos que presentan un mejor desempeño en las entregas, se ve una mejora promedio del 60%, llegando a ser en algunos de los casos del 100%
- Se observa una reducción media en los niveles de inventario del 50%, en una muestra de 28 casos
- Se encontró una correlación entre tiempo de espera y el nivel de inventario de 0.77 (Rango de correlación de Spearman), de 13 casos observados
- Para los casos analizados (más de 100), en los cuales se presenta la mejora en el throughput, se observa un incremento promedio del 68%; llegando hasta un 600% en Lucent technologies.

Además, en los más de 100 casos que analizan no se reportan fracasos o resultados inconvenientes a pesar de que en la mayoría de ellos se realizó solamente una implementación parcial.

2.3. Herramientas de Teoría de restricciones

La teoría de restricciones tiene dos componentes principales, el primero es el que apuntala su filosofía que consiste en cinco etapas de enfoque de mejora continua, una metodología de planeación conocida como Drum-Buffer-Rope (Tambor-Buffer-Cuerda) y el sistema de gestión de buffers, que usualmente se refiere como el paradigma de logística. El segundo componente de Teoría de restricciones es un enfoque genérico para investigar, analizar y resolver problemas complejos, conocido como Thinking Process (proceso de pensamiento). Adicional a estos componentes, se establecen nuevos indicadores que son un tanto diferentes al sistema tradicional de contabilidad de costos.

2.3.1. Las cinco etapas de enfoque (Five focussing steps)

El principio de funcionamiento de la teoría de restricciones proporciona un enfoque para la mejora continua del proceso.

Este principio consiste en cinco etapas de enfoque (Goldratt, 1990b, p. 5). Los pasos son los siguientes:

- (1) **Identificar la restricción del sistema.** Esta puede ser física (por ejemplo, materiales, máquinas o personal) o de gestión. En general, las organizaciones tienen muy pocas restricciones físicas, pero muchas restricciones de gestión como políticas, procedimientos, normas y métodos (Goldratt, 1990b). Para esto, Goldratt (1993, 1994) desarrolló una técnica llamada árbol de realidad actual para determinar las restricciones políticas. Es importante identificar estas restricciones y también necesario priorizarlas en función de sus efectos sobre la meta de la organización.
- (2) **Decidir cómo explotar la restricción.** Si la restricción es física, el objetivo es hacer que la restricción sea lo más eficaz posible; es decir, aprovechar su capacidad al máximo, si es una máquina, esta no deberá de permanecer siempre trabajando. Una restricción de gestión no debe ser explotada, debe ser eliminada y sustituirse por una política que apoye un mejor desempeño.
- (3) **Subordinar todo lo demás a la decisión anterior.** Esto significa que cada componente del sistema (no restricciones) debe ajustarse a la máxima eficiencia de la restricción. Porque las restricciones determinan el desempeño de una empresa, la sincronización de los recursos con la restricción provee la manera más efectiva de utilizar los recursos.
Los recursos no restrictivos comprenden la capacidad productiva (capacidad de apoyar el rendimiento de la restricción) y la capacidad ociosa (capacidad para proteger frente a las perturbaciones del sistema y capacidad que actualmente no es necesaria) (Lockamy y Cox, 1994). Si los recursos no restrictivos se utilizan mas allá de su capacidad productiva para apoyar la restricción, no se mejora el rendimiento, solo se logrará incrementar el inventario de manera innecesaria.
- (4) **Elevar la restricción del sistema.** Si las restricciones existentes siguen siendo lo más crítico en el sistema, rigurosos esfuerzos de mejora en esa restricción mejorarán su desempeño. A medida que mejora el desempeño de la restricción se

puede notar mejor el potencial de los recursos no restrictivos. Con la mejora en el rendimiento general del sistema, finalmente el sistema se encontrará con una nueva restricción.

- (5) Si en cualquiera de los pasos anteriores se ha roto una restricción, hay que **regresar al paso 1**. Es importante no permitir que la inercia se convierta en el siguiente obstáculo. La primera parte de esta etapa hace de Teoría de restricciones un proceso continuo. La segunda parte es un recordatorio de que ninguna política (o solución) es adecuado (o correcta) para todo el tiempo ni en todas las situaciones.

Es fundamental para la organización reconocer que como el ambiente de negocios cambia, las políticas de la empresa deben de ser refinadas para tomar en cuenta esos cambios. Una falla en este quinto paso puede originar un desastre en la organización.

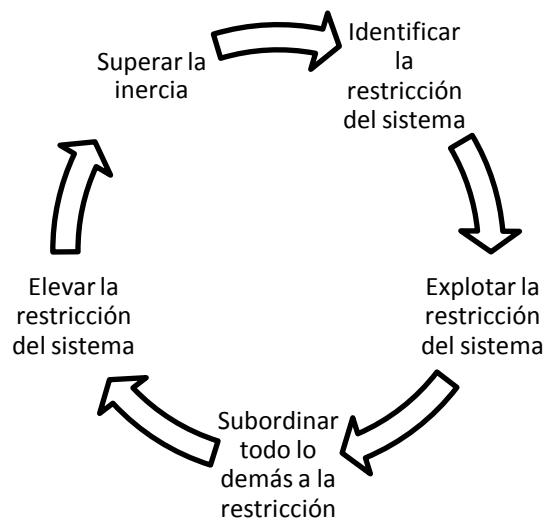


Fig.1: Proceso de mejora continua con los FFS. Fuente: Rahman, Shams-ur (1998).

2.3.2.Drum-Buffer-Rope

El paradigma de logística de la teoría de restricciones se ha desarrollado desde el software de programación llamado Optimised Production Technology (OPT), que a su vez, se basa en las siguientes nueve reglas (Goldratt y Fox, 1986, p. 179):

- (1) Balancear el flujo, no la capacidad.
- (2) El nivel de utilización de un no-cuello de botella no está determinado por su propio potencial, sino por alguna otra restricción en el sistema.
- (3) Utilización y activación de un recurso no son sinónimos.
- (4) Una hora perdida en el cuello de botella es una hora perdida para el sistema total.
- (5) Una hora ahorrada en un no-cuello de botella es solo un espejismo.
- (6) Los cuellos de botella rigen tanto el rendimiento como los inventarios.
- (7) El traslado de proceso por lotes no puede, y muchas veces no debería ser igual al proceso por lotes.
- (8) El proceso por lotes debe ser variable, no fijo.
- (9) La programación debe ser establecida tomando en cuenta todas las restricciones al mismo tiempo. Los tiempos de entrega son el resultado de la programación y no se pueden predeterminar.

La aplicación del sistema logístico de Teoría de restricciones se rige por la metodología Drum-Buffer-Rope (DBR) y se administra a través del uso de buffers de tiempo (T-B). El nombre del método se basa en metáforas desarrolladas en La Meta (Goldratt y Cox, 1984). El tambor (Drum) es el programa del sistema o el ritmo al que trabaja la restricción. La cuerda (Rope) proporciona la comunicación entre los puntos críticos de control para asegurar su sincronización. El buffer es inventario (de tiempo) ubicado de manera estratégica, para proteger la salida del sistema de las variaciones que ocurren dentro del mismo. La metodología DBR sincroniza los recursos y la utilización de materiales en una organización. Los materiales y recursos se utilizan sólo en un nivel en el que contribuye a la capacidad de la organización para lograr el rendimiento.

Dado que los eventos inesperados son inevitables en cualquier organización, la metodología DBR proporciona un mecanismo de protección al throughput total del sistema mediante el uso de buffers de tiempo. Los buffers de tiempo mantienen inventario y protegen al programa de la restricción de los efectos de las interrupciones en los recursos no restrictivos. Al uso de buffers de tiempo como sistema de información para administrar efectivamente y mejorar el throughput se conoce como buffer management. Este proporciona información basada en los resultados planeados y el

desempeño actual, y es usado para monitorear el inventario de un recurso protegido para comparar su desempeño real con el previsto (Schrageheim y Ronen, 1990).

En la gestión de buffer son utilizados tres tipos (Lockamy y Cox, 1991):

- (1) Buffers de restricción: Contienen partes que se prevén hay que esperar un cierto tiempo frente a un recurso de capacidad restringida (CCR, capacity constraint resource), con lo que se protege el programa previsto de la restricción. Un CCR es un recurso que es no es un cuello de botella en la actualidad, pero de no manejarse adecuadamente, puede convertirse en una restricción.
- (2) Buffers de ensamble: Contienen partes o sub ensambles que no se procesan en un CCR, pero son necesarios para ensamblarse con piezas de un CCR.
- (3) Buffers de envío: Contienen productos que se prevé que sean terminados y listos para ser enviados a una determinada hora antes de la fecha de vencimiento, protegiendo así el desempeño de la fecha de entrega.

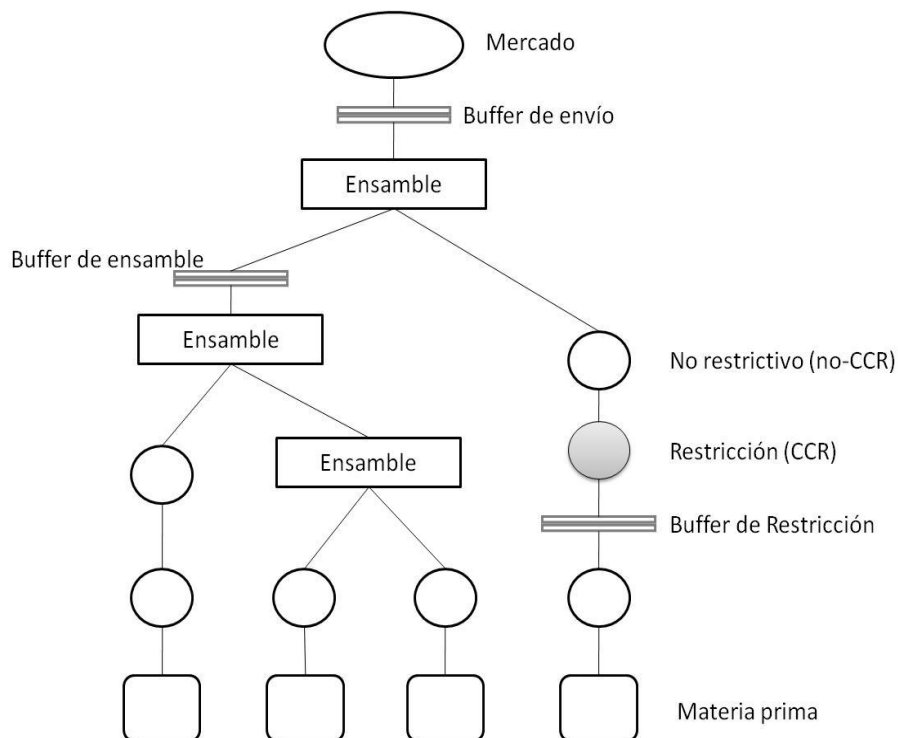


Fig.2: Localización de los Buffers. Fuente: Rahman, Shams-ur (1998).

2.3.3. Thinking process

La aplicación de las cinco etapas de enfoque en un entorno típico de producción puede conducir rápidamente a mejoras sustanciales en las operaciones y ganancias (Noreen et al., 1995). Sin embargo, este proceso de mejora continua lleva a las operaciones de producción a un punto en el que la restricción se desplaza desde la fábrica hacia el mercado. En tal caso, la restricción podría ser la demanda del mercado (demanda insuficiente), que es una restricción de gestión o política en lugar de ser una restricción física. Las restricciones de gestión son en general difíciles de identificar y evaluar, y frecuentemente requieren la participación y la cooperación entre áreas funcionales.

Goldratt (1994) desarrolló un enfoque genérico para hacer frente a las restricciones de gestión y crear soluciones innovadoras para estas usando sentido común, conocimiento intuitivo y lógica. Este procedimiento se conoce como el proceso de pensamiento (Thinking Process). Según Noreen et al. (1995, p. 149) "el Thinking Process puede ser el logro intelectual más importante desde la invención del cálculo".

Los gerentes de cualquier nivel, pueden utilizar este proceso de pensamiento para dar respuesta a tres cuestiones que determinan el éxito final en la optimización de todo el sistema (Dettmer, 1998):

- (1) ¿Qué cambiar?
- (2) ¿Hacia qué cambiar?
- (3) ¿Cómo causar el cambio?

El proceso de pensamiento lógico desarrollado por Goldratt prescribe un conjunto de herramientas que básicamente son diagramas causa-efecto para obtener respuestas a estas preguntas (Rahman, 1998), esto se compone de cinco árboles distintos: árbol de realidad actual, "nube de evaporación", árbol de realidad futura, árbol de pre-requisitos, y árbol de transición. Estos árboles fueron diseñados originalmente para ser aplicados en secuencia a fin de realizar un análisis completo de cualquier sistema complejo. Sin embargo, posterior a su desarrollo Goldratt notó que cada árbol también puede aplicarse productivamente de manera aislada. Por ejemplo, no es necesario construir árbol de realidad actual, árbol de realidad futura, árbol de pre-requisitos o árbol de transición si todo lo que hay que hacer es resolver un conflicto. Sin embargo, a medida que un conflicto afecta el desempeño general del sistema, la construcción de uno o más árboles puede ser necesaria.

El proceso comienza con decidir "¿Qué cambiar?", es decir, identificar los problemas centrales. Para este propósito se usa el árbol de realidad actual. Una vez que el problema

principal ha sido identificado la cuestión se convierte en "¿Hacia qué cambiar?". Responder la segunda pregunta requiere de otras herramientas, como la nube de evaporación y árboles realidad futura. Una vez que se ha decidido "¿Hacia qué cambiar?", entonces la organización queda con la pregunta "¿Cómo hacerlo?" o "¿Cómo cambiar?". El árbol de pre-requisitos y árboles transición se utilizan para identificar los obstáculos a la aplicación y elaborar planes detallados para superar esos obstáculos.

2.3.3.1. Árbol de realidad actual (Current Reality Tree, CRT)

El árbol de realidad actual está diseñado para trazar una cadena ininterrumpida de causas y efectos de indicaciones claramente visibles de que el sistema no se está desempeñando como debiera (Efectos indeseables Efi's), buscando las causas raíz ocultas. Por lo general, el CRT revela que varios de los efectos indeseables aparentemente sin relación se originan de la misma causa raíz. Reconocer este fenómeno puede ser muy importante para las mejoras del sistema porque facilita economizar esfuerzo: Aplicando un esfuerzo mínimo para algunos puntos críticos, pero que sin embargo permita el mejoramiento del sistema al máximo. Las pocas causas raíz por lo general resultan ser los obstáculos que evitan que el sistema alcance niveles superiores de rendimiento. E invariablemente esas restricciones resultan ser algún tipo de política.

La realidad actual, como una herramienta de análisis de sistemas nos da la respuesta a la pregunta ¿Qué cambiar? Ya que claramente describe la relación causal entre las partes aparentemente dispares del sistema.

Dettmer (1997) afirma que el CRT está diseñado para alcanzar los siguientes objetivos:

- Proporcionar las bases para comprender los sistemas complejos
- Identificar los efectos indeseables mostrados por un sistema
- Relacionar Efi's a través de una cadena lógica de causa y efecto a las causas raíz
- Identificar, cuando sea posible, un problema central que a la larga produce 70% o más de los Efi's del sistema
- Determinar en qué puntos las causas raíz y/o problema central se encuentran más allá del intervalo de control o esfera de influencia
- Aislar a los pocos factores causales (restricciones) que se deben abordar para realizar la máxima mejora del sistema

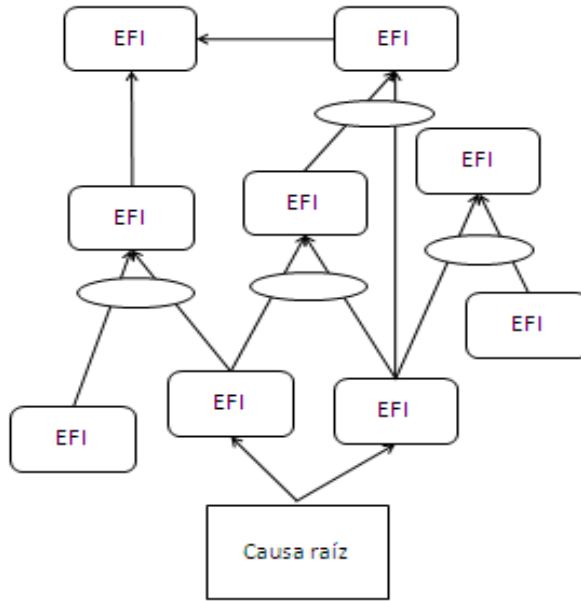


Fig.3: Árbol de realidad actual (CRT). Fuente: Dettmer, W.H. (1998).

2.3.3.2. Nube de evaporación (Evaporative Cloud, EC)

Una cosa es identificar la causa raíz. Y otra es hacer algo al respecto (Dettmer, 2008). Las causas raíz existen a menudo porque existen poderosos motivos o fuerzas para mantenerlas en su lugar. Cambiar una política que es causa raíz de algunos efectos indeseables de alto nivel que no es fácil.

A menudo, estas políticas están en su lugar, ya que actualmente sirven (o en un momento lo hicieron) para algún propósito constructivo. Goldratt concibió la “nube de evaporación”, una especie de diagrama para la resolución de conflictos, para hacer frente a conflictos de políticas (o restricciones no físicas).

La nube de evaporación (EC) es un árbol de cinco elementos que expresa en ambos lados un conflicto bipolar. Las dos partes están unidas por un objetivo en común, por lo general un propósito a nivel de sistema. El objetivo sólo puede lograrse mediante el cumplimiento de alguna condición o requerimiento intermedio, debido a que son condiciones necesarias para el objetivo, por definición no entran en conflicto entre sí mismos. Sin embargo, estos requisitos se satisfacen mediante la adopción de algún tipo de acción (Políticas que están actualmente en conflicto).

La nube de evaporación se rompe (y por extensión, el conflicto en sí) mediante la “inyección” de alguna nueva acción o política que seguirá cumpliendo los requisitos y permitirá eliminar los pre-requisitos.

Goldratt (1990b) afirma que tradicionalmente en la resolución de estos los conflictos los gerentes han buscado soluciones de compromiso. Se dice que el enfoque se presta más a menudo para resolver el conflicto por completo sin recurrir al compromiso.

La nube de evaporación se propone para alcanzar los siguientes propósitos (Dettmer, 1997, p.122):

- Confirmar que existe el conflicto
- Identificar que el conflicto perpetúa el problema principal
- Resolver el conflicto
- Evitar el compromiso
- Crear soluciones en las que ambas partes ganen
- Crear nuevas soluciones a los problemas
- Explicar a profundidad por qué existe un problema
- Identificar todos los supuestos, subrayando problemas y relaciones conflictivas.

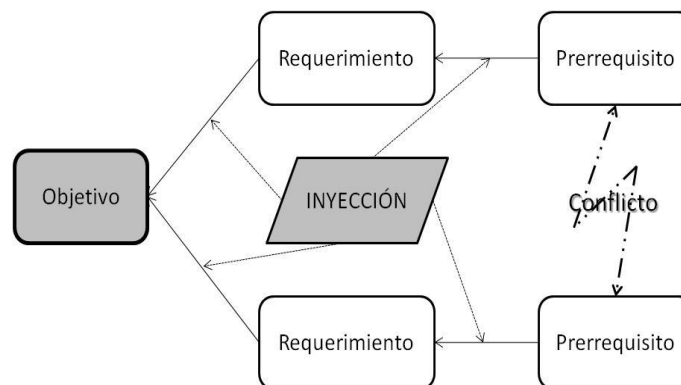


Fig.4: Nube de evaporación. Fuente: Dettmer, W.H. (1998).

2.3.3.3. Árbol de realidad futura (Future Reality Tree, FRT)

Cuando se ha completado la nube de evaporación, el proceso de romper la restricción ha ido tan lejos como la mayoría de metodologías de resolución de problemas. En este punto

la mayoría de los analistas deben encontrar la manera de poner en práctica la nueva idea por sí mismos. Sin embargo, el proceso de pensamiento de Teoría de restricciones continúa en ejecución. Pero antes de hacerlo, el proceso de pensamiento ofrece una herramienta que ningún otro proceso integrado de resolución de problemas tiene: verificar la efectividad de las ideas (inyecciones) generadas en la nube de evaporación.

El medio para llevar a cabo la prueba y la verificación es el árbol de realidad futura. Es similar al árbol de realidad actual, excepto que en lugar de mostrar la realidad existente, demuestra la causa y el efecto que se producirá si se ejecutan las inyecciones. A través de una cadena ininterrumpida de causalidad que muestra cómo el futuro se desarrollará para producir lo deseado, en lugar de efectos indeseables. Si las ideas producidas por la nube de evaporación no son realmente viables, será imposible construir un FRT que conduzca a efectos deseados que soporten el desafío por las reglas de la lógica.

Sin embargo, como Eric Sevareid observó, "la principal causa de problemas son las soluciones." Incluso si es posible demostrar que la inyección aportará los efectos deseados, también es posible que estas nuevas acciones (políticas) produzcan nuevos efectos que no son deseables, pudiendo ser incluso devastadores. Pero el FRT también puede identificar estas trampas ocultas. Uno de los atributos del FRT es la rama negativa, que indica caminos de causalidad que provienen de la inyección a nuevos efectos indeseables que no existían anteriormente.

El árbol de realidad futura tiene los siguientes fines:

- Permite la prueba la eficaz de las nuevas ideas antes de comprometer recursos para su ejecución
- Determina si el sistema de cambios propuestos producirá los efectos deseados sin crear efectos secundarios negativos
- Revela a través de ramas negativas, si (y donde) los cambios propuestos crearan problemas nuevos o colaterales, y qué otras acciones son necesarias para impedir que se produzcan tales efectos secundarios
- Proporciona un medio para que los efectos benéficos se sostengan a sí mismos mediante la incorporación de lazos de refuerzo positivos
- Proporciona un medio para evaluar los impactos de las decisiones localizadas en todo el sistema
- Proporciona una herramienta eficaz para convencer a los tomadores de decisiones para apoyar un curso de acción deseado
- Sirve como una herramienta de planificación inicial

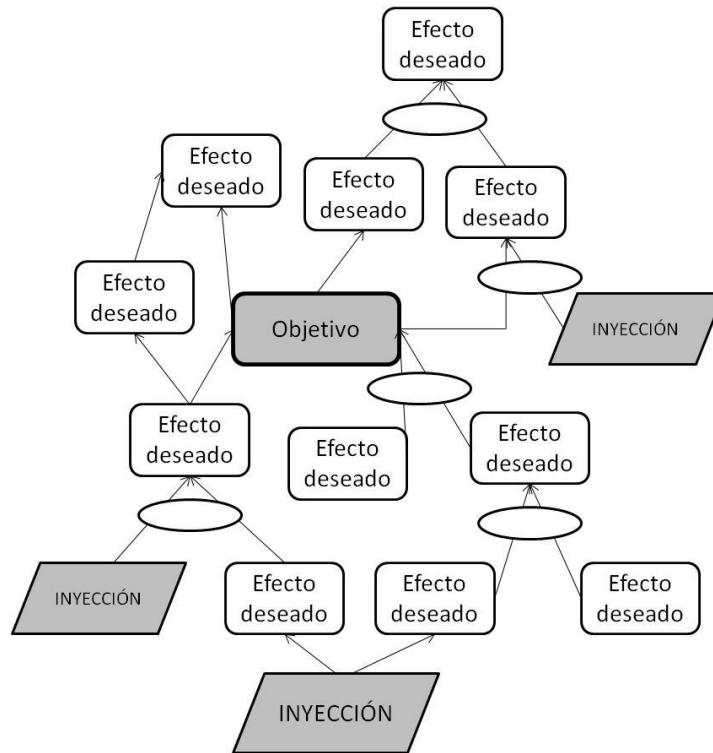


Fig.5: Árbol de realidad futura. Fuente: Dettmer, W.H. (1998).

2.3.3.4. Árbol de prerequisites (Prerequisite Tree, PRT)

Una vez que las inyecciones se verifican con el árbol de realidad futura, el reto más difícil comienza: la ejecución. El Thinking process es único entre las metodologías de resolución de problemas ya que incluye árboles diseñados específicamente para facilitar la operación de cambio.

El árbol de prerequisites sirve para varios propósitos importantes. En primer lugar ayuda a identificar los obstáculos para la aplicación, condiciones que podrían impedir una exitosa ejecución. En segundo lugar, determina la secuencia en la que estos obstáculos deben ser superados. Claramente algunas acciones deben preceder a otras; el PRT puede mostrar las dependencias. En tercer lugar, ayuda a determinar qué objetivos intermedios específicos deben ser alcanzados para superar cada obstáculo. Por último, todo el árbol de prerequisites constituye un marco de hitos que puede servir como base para un plan detallado de implementación.

Dettmer (1997) afirma que el PRT se utiliza para alcanzar los siguientes objetivos:

- Identificar los obstáculos que impiden el logro de un curso de acción deseado, objetivo o inyección (idea de solución derivada de la nube de evaporación)
- Identificar los recursos o condiciones necesarias para superar o de lo contrario neutralizar los obstáculos a un curso de acción deseado, objetivo o inyección
- Identificar la secuencia de acciones necesarias para realizar un curso de acción deseado
- Identificar y describir los pasos desconocidos para un fin deseado cuando no se conoce a precisión la manera de alcanzarlos.

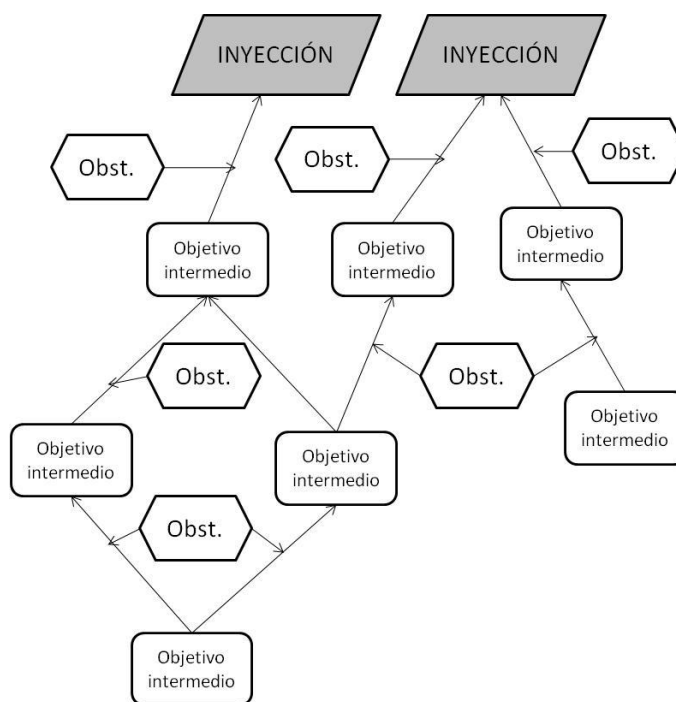


Fig.6: Árbol de prerequisites. Fuente: Dettmer, W.H. (1998).

2.3.3.5. Árbol de transición (Transition Tree, TT)

El árbol de transición convierte los objetivos intermedios o hitos, en acciones detalladas paso a paso. El árbol de transición puede reducir la implementación a la verificación de de una serie de pasos que puede ser delegada a las personas encargadas de su realización. La

realización de los pasos en cada árbol de transición conducirá al logro de los objetivos intermedios y a la realización del cambio organizacional.

Dettmer (1997) afirma que el árbol de transición tiene nueve propósitos básicos, estos son:

- Proporcionar un método paso a paso para la implementación
- Habilitar la efectiva navegación a través de un proceso de cambio
- Detectar desviaciones en el avance hacia un objetivo limitado
- Adaptar o reorientar esfuerzos, en el caso de cambiar planes
- Comunicar a los otros las razones para actuar
- Ejecutar las inyecciones desarrolladas en la nube de evaporación y el árbol de realidad futura
- Lograr los objetivos intermedios identificados en el árbol de prerrequisitos
- Desarrollar planes tácticos de acción para los planes conceptuales o estratégicos
- Evitar los efectos indeseables derivados de la aplicación.

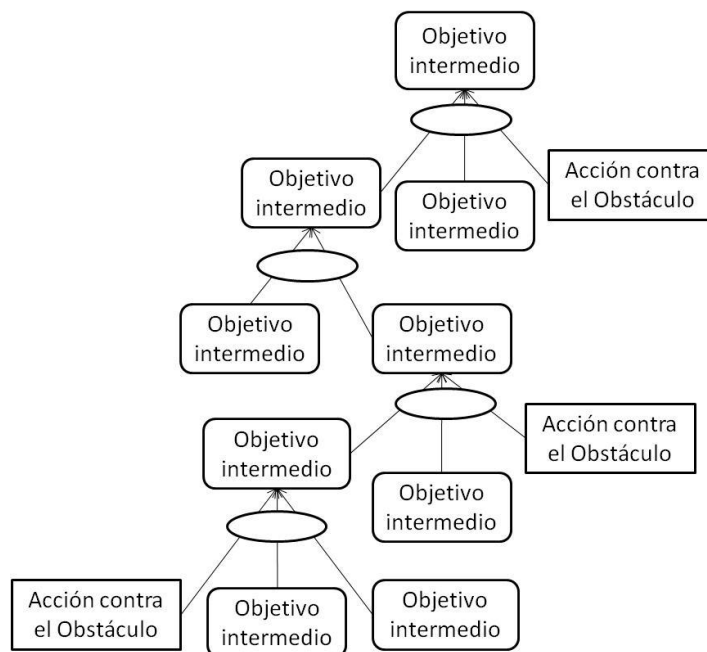


Fig.7: Árbol de transición. Fuente: Dettmer, W.H. (1998).

2.3.4. Medidas de desempeño

La Teoría de restricciones asume que el objetivo de una organización es hacer dinero ahora y en el futuro. Para medir el desempeño de una organización hacia este objetivo, han sido establecidos dos conjuntos de medidas por Goldratt y Fox (1986, p. 31): medidas globales (financieras) y operativas.

Medidas de desempeño financieras:

1. Throughput (T): Es la tasa a la cual el sistema genera dinero a través de las ventas (lo que no se vende no es throughput, es inventario). Se representa como ventas menos costos "totalmente variables". O bien, el margen de contribución que queda después de que el precio de un producto se reduce por el importe de sus gastos totalmente variables
2. Inventario (I): Es todo el dinero invertido en cosas que el sistema tiene la intención de vender. Incluye cualquier inventario físico, tal como materia prima, trabajo en proceso (WIP), productos terminados sin vender, incluye herramientas, edificios, bienes de capital y mobiliario
3. Gastos operativos (Operative expenses, OE): Todo el dinero que gasta el sistema para convertir el inventario en throughput. La suma total de todos los gastos de la empresa, exceptuando los gastos totalmente variables. Los gastos que suelen clasificarse aquí son: mano de obra directa e indirecta, amortizaciones, provisiones, pago de intereses y gastos generales. Como regla general todos los gastos incurridos como resultado del paso del tiempo (y no a través del proceso de producción) son gastos operativos. Este grupo de gastos se considera como el precio que una compañía paga para asegurarse de mantener su nivel actual de capacidad. Para la teoría de restricciones no importa si un costo es semi-variable, fijo o asignado. Todos los gastos que no son totalmente variables se agrupan en la categoría de Gastos de operación

Costos totalmente variables. Son solamente los costos en los que se incurrirá si un producto es creado. En muchos casos esto significa que sólo los materiales directos son considerados como un costo totalmente variable, aunque también se pueden considerar los costos de subcontratación, comisiones, derechos de aduana y costos de transporte. La mano de obra directa no es totalmente variable a menos que no se les pague a los empleados hasta que un producto sea realizado. La misma regla se aplica a todos los otros tipos de costos.

Medidas de desempeño operativo:

- 1 Beneficio neto (Net profit, NP): Es una medida absoluta expresada de forma monetaria, y se expresa como el total del throughput menos los gastos operativos ($NP=T-OE$)
- 2 Rendimiento sobre la inversión (ROI): Es una medida relativa, igual al beneficio neto dividido entre el inventario ($ROI=NP/I$)
- 3 Flujo de efectivo (cash flow, CF): Esta medida se puede tomar como una "línea roja" de supervivencia o como un switch, es decir, si una compañía tiene suficiente dinero en efectivo no es tan importante, pero cuando no hay suficiente dinero en efectivo, entonces nada es más importante que el efectivo para su supervivencia

Puesto que ambos conjuntos de mediciones están relacionados, es posible evaluar el impacto de cada una de las medidas operativas sobre los indicadores globales. Cuando se incrementa el throughput sin efectos adversos en el inventario y los gastos operativos, entonces las tres medidas globales son mejoradas al mismo tiempo. El mismo resultado se obtiene cuando se reducen los gastos operativos sin perjudicar el throughput y el inventario. Sin embargo, el impacto de reducir el inventario no es tan simple, ya que solo se mejora el retorno a la inversión y el beneficio neto. Este cambio se puede encontrar indirectamente a través de la reducción de los costos de transporte que es un componente de los gastos operativos (que puede ser usada para describir otras medidas tal como la rotación de inventario o la productividad: T/OE).

La dirección tradicional hace hincapié en la reducción de gastos operativos en primer lugar, seguido por aumentar el throughput y por último, la reducción del Inventario. Goldratt sugiere que se pueden obtener mayores ganancias si primero se incrementa el throughput y posteriormente se reduce el inventario. La reducción de los gastos operativos debe ser la última prioridad. La justificación de este orden de prioridad se basa en el hecho de que la recompensa por reducir costos es finita (un límite teórico inferior es cero), pero en teoría, las ganancias obtenidas por el incremento de las ventas no tiene restricciones.

Es evidente que las medidas de desempeño de Teoría de restricciones son muy diferentes de los sistemas tradicionales de contabilidad de costos. Maskell (1991, pp. 45-7) identificó cinco áreas de problemas relacionados con los sistemas tradicionales de contabilidad en el entorno de negocios actual: falta de relevancia, distorsión de costos, inflexibilidad,

sometimiento a las necesidades de la contabilidad financiera y el impedimento para el progreso de manufactura de clase mundial. Las empresas de clase mundial cada vez más están compitiendo en ventajas competitivas que no son de carácter financiero: tiempo de producción, rotación del inventario, flexibilidad del proceso, etc. (Schmenner, 1988). Como resultado, existe una falta de coincidencia entre el objetivo de la empresa y las prácticas tradicionales de contabilidad.

Umble y Srikanth (1990) sugieren que los sistemas contables tradicionales se sustituyan por unos que puedan evaluar adecuadamente el efecto de las acciones de gestión sobre la productividad y la rentabilidad de toda la compañía, y recomienda la utilización de la medición de resultados de Teoría de restricciones.

2.3.5. Cadena crítica (Critical chain), para administración de proyectos

La administración de proyectos por cadena crítica (CCPM Critical Chain Project Management) es una metodología para planear, ejecutar y gestionar proyectos en ambientes tanto simples como multi-proyectos, es la aplicación de Teoría de restricciones para la gestión de proyectos. Fue inventado originalmente para gestionar proyectos de ingeniería en un entorno de fabricación, pero desde entonces ha sido utilizado por las empresas en prácticamente todos los sectores.

Cadena Crítica debe su nombre a la forma específica en que los proyectos son planeados y ejecutados. Al igual que con las aplicaciones previas de Teoría de restricciones, es más fácil de apreciar la cadena crítica en el contexto de los problemas que inicialmente estaba destinada a resolver. Algunos aspectos de cadena crítica han sido ampliamente adoptados y ya no son distintivos, pero la mayoría siguen luchando para lograr la aceptación.

La Cadena Crítica es la serie más larga de tareas dependientes, tomando en cuenta precedencia y recursos. Si no hubiera lucha por los recursos, la cadena crítica y la ruta crítica pudieran incluir las mismas tareas. Sin embargo, siempre existe una lucha por los recursos por lo que las tareas de la cadena crítica pueden diferir de los de la ruta crítica. Además, los proyectos reales pueden tener muchas cadenas críticas en potencia, por lo que puede requerirse de software para encontrar las mejores alternativas de distribución de recursos en todos los proyectos.

Esta herramienta desarrolla una cadena crítica en lugar de una ruta crítica, como objetivo principal del proyecto. La Cadena Crítica incluye la lógica y dependencia de recursos. Se establece la cadena crítica después de la eliminación de las luchas por recursos, en lugar de considerar primero las limitaciones de recursos.

La cadena crítica se mantiene sin cambios durante toda la duración del proyecto, y debe de ser el enfoque principal del gerente del proyecto.

Teoría de restricciones identifica en la restricción de un proyecto la Cadena Crítica, o "La secuencia de eventos dependientes que impide que el proyecto se complete en un intervalo más corto. Las dependencias de recursos determinan la cadena crítica tanto como lo hacen las dependencias entre tareas".

Definir la restricción de un proyecto en términos de un programa (duración) se deriva del impacto que el mismo programa tiene sobre el costo y el contenido del proyecto. Hay tres condiciones que son dependientes: Si se incrementa la duración manteniendo fijo su contenido, usualmente se incrementa el costo. Si se incrementa el contenido del proyecto manteniendo fijo el costo (o recursos), entonces la duración tiende a extenderse. Si el contenido del proyecto se incrementa manteniendo una duración fija, entonces el costo se incrementa.

Cadena crítica demuestra un éxito constante en el alcance de los beneficios esperados. La evidencia de los usuarios a menudo otorga confianza a la gente para probar nuevas ideas. El paradigma actual de administración de proyectos (ruta crítica) ha estado en vigor durante más de cuarenta años, lo que hace que el cambio sea muy difícil de aceptar para muchas personas. Cada vez más empresas, grandes y pequeñas, están demostrando éxito con CCPM. Varios ejemplos ilustran este éxito: Honeywell, Lucent Technologies, Harris Semiconductores, la industria de aviación israelí, entre otros.

Cadena crítica reconoce que existen problemas con la gestión tradicional de proyectos:

- Cuando se planea un nuevo proyecto, se requieren estimaciones de la duración que tendrán las tareas. Para que el tiempo que se planea pueda ser tratado como realista se gasta mucho tiempo en garantizar que las estimaciones son exactas. Estimaciones precisas dan mayor probabilidad y confianza en que la tarea se terminara a tiempo. Esto genera tiempo de seguridad que es más que el requerido para realizar el trabajo. A mayor seguridad se agrega a una tarea, se genera una tendencia a comportarse de la siguiente manera:

- No iniciar la tarea hasta el último momento (Síndrome del Estudiante)
- Retraso del término de la tarea (ley de Parkinson)
- Tomar las tareas a la ligera

Como resultado, se pierde la seguridad que se incluyó en la fase de planeación y en caso de haber otro tipo de problemas, las tareas requerirán de un plazo mayor.

- Además, la administración impulsa a las personas (por razones intuitivas pero no validas) a que trabajen en más de una tarea a la vez (creación de multitareas). Esto genera que las personas intercambien sus esfuerzos entre las tareas buscando extender las estimaciones del tiempo de planeado e incrustar seguridad a la ejecución
- También, existe resistencia natural de reportar cualquier término temprano. Si se informa un fin anticipado, se puede reconocer la estimación de la tarea como demasiado larga y tomar en cuenta este tiempo para la siguiente ocasión que se planea

Las demoras a las tareas se transmiten a todo el proyecto, sin embargo, las ventajas de terminar antes las tareas, rara vez se transmiten a lo largo de un mismo proyecto.

Las herramientas tradicionales utilizadas para gestionar los proyectos: Método de la ruta crítica, PERT, Gantt etc., no se centran en el uso indebido de seguridad integrada al proyecto y por lo tanto los comportamientos que esto genera.

Con esta herramienta se puede hacer frente a estos problemas de la siguiente manera:

Planeación

Cadena Crítica - la cadena crítica se define como la cadena más larga (no la ruta crítica) de tareas dependientes. En este caso, dependiente se refiere a los recursos y la contención de recursos a través de tareas y proyectos, así como la secuencia lógica y dependencias de las propias tareas.

Estimaciones - Para reducir los comportamientos y perder el tiempo asociados con tener contemplada demasiada seguridad para el proyecto, Cadena Crítica recomienda que las estimaciones de tareas se corten a la mitad de la duración "normal".

Seguridad

Cadena Crítica utiliza buffers de seguridad para gestionar el impacto de la variación y la incertidumbre en torno a los proyectos. La seguridad a nivel de tareas se agrega y se traslada a puntos estratégicos en el flujo del proyecto. Hay tres tipos de buffers o puntos estratégicos necesarios para asegurar que el proyecto tiene suficiente seguridad:

Búfer de proyecto – Un buffer proyecto se inserta al final de la red del proyecto entre la última tarea y la fecha de término. Cualquier retraso en la cadena más larga de tareas dependientes consumirá algo del buffer pero dejará sin cambios la fecha de término y así se protege el proyecto. El buffer de proyecto se recomienda generalmente a la mitad del tamaño del tiempo de seguridad adoptada, dando como resultado un proyecto que está previsto al 75% de una red "tradicional" de proyecto

Buffers de alimentación – retrasos en la alimentación de las tareas en la cadena más larga pueden afectar el proyecto al retrasar una tarea posterior de la cadena crítica. Para protegerse de esto, se insertan buffers de alimentación entre la última tarea fuera de la trayectoria de alimentación y la Cadena Crítica. Generalmente, el buffer de alimentación se recomienda a la mitad de tamaño del tiempo de seguridad adoptado fuera de la trayectoria de alimentación

Buffers de recursos – estos puede ser insertados a lo largo de de la Cadena Crítica para garantizar que las personas o capacidades adecuadas están disponibles para trabajar en las tareas de la cadena crítica tan pronto como sea necesario

Ejecución

Prioridades - Todos los recursos y prioridades en un proyecto deben de ser claros, alineados y relativos a la "salud" de la cadena crítica con respecto a su buffer asociado y por lo tanto al proyecto en conjunto. A un recurso con más de una tarea asignada, normalmente debe ser asignado a completar una tarea que pone en peligro algún proyecto de la cadena crítica previo a completar alguna tarea de alimentación.

Terminación – Los recursos de una tarea deben ser animados a seguir el enfoque "del correccaminos". Cuando hay trabajo disponible debe avanzarse a la mayor velocidad posible (sin comprometer la calidad) hasta su finalización. No se deben dejar tareas parcialmente completas para eliminar la tentación de realizar tareas múltiples. Como se ha reducido la estimación de la duración de las tareas de seguridad, estas dirigen los recursos para satisfacer duraciones más "agresivas" y limitar problemas como el síndrome del estudiante y la Ley de Parkinson.

Revisión

Gestión de buffers - La cantidad que se consume de cada búfer en relación con el progreso del proyecto nos dice lo que los retrasos están afectando la fecha de entrega comprometida. Si la variación a lo largo del proyecto es uniforme, entonces el proyecto debe consumir el buffer del proyecto en la misma proporción a las tareas que se han completado. El resultado es un proyecto realizado con el buffer totalmente consumido en el día en que se estimó y se comprometió. Los jefes de proyecto determinarán las acciones correctivas necesarias para "recuperar" el margen de tiempo en los puntos del proyecto en el que el consumo de búfer está ocurriendo más rápido que el avance del proyecto.

Duración restante – Las tareas son monitoreadas por su duración restante, no por su porcentaje completado. Los recursos se reportan sobre el progreso de las tareas en proceso, basándose en el número de días que se estiman hasta completarla. Si la duración restante permanece estática o aumenta, entonces los jefes del proyecto y administradores de recursos deben observar los buffers para saber exactamente donde está ocurriendo un retraso o bloqueo potencial y pueden tomar acciones con rapidez para recuperar tiempo.

Capítulo 3: Metodología

3.1. Enfoque de investigación

La primera etapa del trabajo de investigación consiste en adquirir conocimiento en relación a la mejora continua, principalmente en aspectos teóricos de la teoría de restricciones. Posteriormente se presenta un estudio de caso en el cual se presenta la aplicación parcial de algunas herramientas de la Teoría restricciones para dar paso a un proceso de mejora en los procesos de una PyME; para ello se tiene contemplado aplicar dos de las cinco etapas de enfoque (1 y 2): Identificar la restricción y decidir como explotar/eliminar la restricción. Con estas dos etapas es posible lograr el cumplimiento de los objetivos planteados para esta tesis.

3.2. Estrategia de investigación

Hay diferentes estrategias de investigación que se pueden utilizar para resolver un problema. Robson (2002) define un estudio de caso como "una estrategia para hacer investigación, que implica una investigación empírica de un fenómeno contemporáneo en particular dentro de su contexto utilizando múltiples fuentes de evidencia".

El enfoque de estudio de caso da una amplia comprensión del contexto de la investigación y de los procesos que se mencionan en esta. La investigación por estudio de caso es utilizada a menudo en la investigación explicativa y exploratoria. Las técnicas de recopilación de datos empleadas pueden variar y usarse en combinación. La mayor parte de las diferentes técnicas se pueden utilizar, por ejemplo, entrevistas, observación, análisis documental, y cuestionarios.

El desarrollo de la aplicación consta de dos fases: la primera se enfoca en realizar un diagnóstico de la situación actual en la que se encuentra laborando la empresa y la segunda para realizar el planteamiento de una serie de mejoras que posibiliten la resolución del problema o problemas encontrados durante la primera etapa.

Basado en las cinco etapas de enfoque, como ya se mencionó se aplican las primeras dos, para lo cual los pasos a seguir en esta implementación son los siguientes:

- Diagnostico: Identificación de la(s) restricción(es)
 - Mapeo de los procesos a estudiar
 - Búsqueda de los efectos indeseables
 - Análisis de los efectos indeseables
 - Encontrar la “causa raíz” de los efectos indeseables y en su caso el problema central

- Propuesta de mejora
 - Decidir como explotar o eliminar las restricciones
 - ¿Hacia qué cambiar?
 - ¿Cómo causar el cambio?

3.3. Estrategia para el desarrollo del estudio de caso

3.3.1. Diagnostico: Identificación de la(s) restricción(es)

Es la primera fase dictada por la herramienta de las cinco etapas de enfoque, en la cual hay que identificar cual es el problema central al que se enfrenta la empresa, es decir, en términos de la teoría de restricciones encontrar cual es la causa raíz que limita a la empresa para alcanzar su meta.

Para realizar el diagnóstico es necesario conocer los procesos que se realizan en la empresa, encontrar cuales son los principales problemas que ocurren y mediante el árbol de realidad actual encontrar cual es la causa principal de esos problemas. Este análisis puede ser realizado de la siguiente forma:

3.3.1.1. Mapeo de los procesos a estudiar

Una forma de conocer el actuar actual de la empresa es saber qué procesos tiene y como son llevados a cabo, para ello es necesario conocerlos de manera general y posteriormente, ahondar de manera particular en cada uno de los que se encuentren como mas importantes.

En este paso se propone el uso de dos herramientas que no pertenecen propiamente a la metodología de Teoría de restricciones, estas son: Value Stream Mapping (Mapeo de la cadena de valor, de Lean manufacturing) para los procesos generales y el SIPOC (Supplier Input Procees Output Customer, de seis sigma) para mapear los procesos de manera particular. A continuación se muestran las generalidades de cada una de las herramientas:

3.3.1.1.1. Mapeo de la cadena de valor (Value Stream Mapping, VSM)

Es una técnica originalmente desarrollada por Toyota que posteriormente se popularizó por el libro, Aprender a Ver (The Lean Enterprise Institute, 1998). El VSM se utiliza para encontrar los desperdicios en la cadena de valor de un producto. Su propósito es la mejora de procesos a nivel sistémico.

El mapa de la cadena de valor muestra el proceso en un formato de flujo normal. Sin embargo, además de la información que habitualmente se encuentra en un diagrama de flujo de proceso, el VSM muestra el flujo de información necesaria para planear y satisfacer las demandas normales del cliente. Otra información de proceso incluye tiempos de ciclo, inventarios, tiempos de cambio, personal y medios de transporte, por nombrar sólo algunos.

El VSM provee un entendimiento claro de los procesos actuales mediante:

- Visualizar múltiples niveles de proceso
- Resaltar desperdicios y sus orígenes
- Ocultando puntos aparentes de decisión

Con este conocimiento, se puede manejar puntos de decisión y realizar un mapa futuro para implementación e identificar áreas de oportunidad.

El VSM también provee una herramienta de comunicación para estimular ideas mediante la obtención de conocimiento organizacional y la identificación de lugares para la recolección de datos y medición de procesos.

Un VSM comienza con un dibujo a lápiz y papel del proceso para entender el flujo de material e información necesaria para producir un producto o servicio. El diagrama presenta visualmente el flujo de un producto del cliente al proveedor.

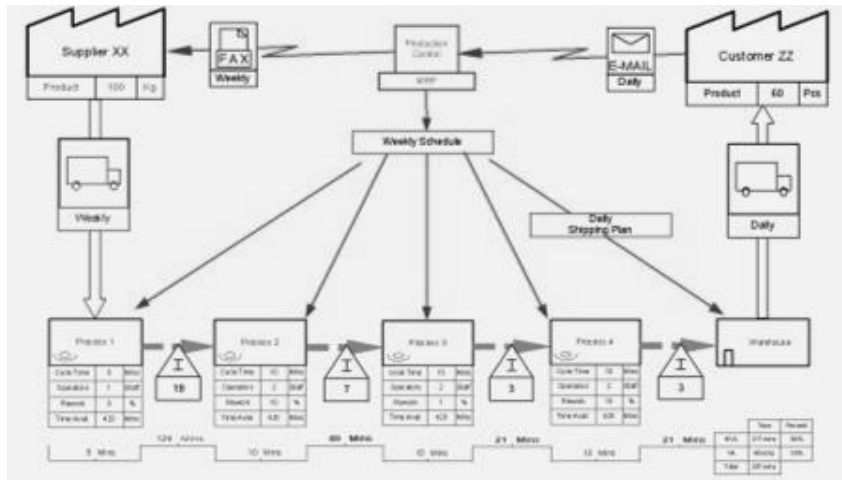


Fig.8: Ejemplo de diagrama Value Stream Mapping, disponible en: <http://www.segla.com.au/Lean-Six-Sigma/Value-Stream-Mapping>

3.3.1.1.2. SIPOC (Supplier, Input, Process, Output, Customer)

El significado de SIPOC es: Proveedor, Insumos, Procesos, Productos y Clientes. Es un mapeo a alto nivel del proceso, que sirve como apoyo para su mejora, este tipo de mapeo permite comprender rápidamente un proceso a mejorar y conocer sus clientes y proveedores clave, los puntos referidos son:

- *Supplier (proveedor)*: La persona, proceso o compañía que provee lo que se va a trabajar en el proceso (materia prima, un sub ensamble, información, etc.)
- *Input (Insumo)*: El material o información provista
- *Process (proceso)*: Las etapas internas (tato las que agregan valor, como las que no lo agregan)
- *Output (producto)*: El producto, información o servicio que se envía al cliente
- *Customer (cliente)*: el siguiente paso en el proceso o el cliente final

Los pasos para crear un SIPOC son:

1. Establecer un nombre para el proceso
2. Definir el punto de partida y el punto final del proceso

3. Listar las principales salidas del proceso (productos). Por lo general, esta lista incluye a tres o cuatro salidas principales, aunque durante el proceso se pueden producir más
4. Definir quién recibe esos productos, es decir, los clientes. Estos clientes pueden ser internos (parte de la empresa) o externos
5. Establecer las principales etapas del proceso. De preferencia una lista de cuatro a ocho pasos sin contener puntos de decisión o lazos de retroalimentación
6. Listar las principales entradas (insumos) del proceso (de una a cuatro entradas)
7. Definir quién suministra los insumos del proceso

El objetivo de hacer el mapeo es establecer las fronteras del proceso, es decir, definir el primer y el último paso del proceso. Además, el SIPOC define los pasos centrales del proceso. Sin embargo, probablemente no es lo suficientemente detallado para encontrar oportunidades para hacer mejor el proceso.

Comúnmente, un mapeo de este tipo se realiza en equipo durante una sesión de media o una hora de duración.

Un diagrama SIPOC normalmente es como sigue:



Fig.9: Ejemplo de diagrama SIPOC, disponible en: <http://www.gestiopolis.com/canales8/ger/principios-de-la-gestion-de-la-calidad-total.htm>

Para efectos de esta investigación y dado que el uso de esta herramienta es solo para conocer de manera general las actividades realizadas en los procesos, se plantea el uso de indicadores de diferentes colores al realizar el mapeo, mismos que permitirán reconocer los diferentes tipos de actividades que se realizan en cada proceso, estos son:

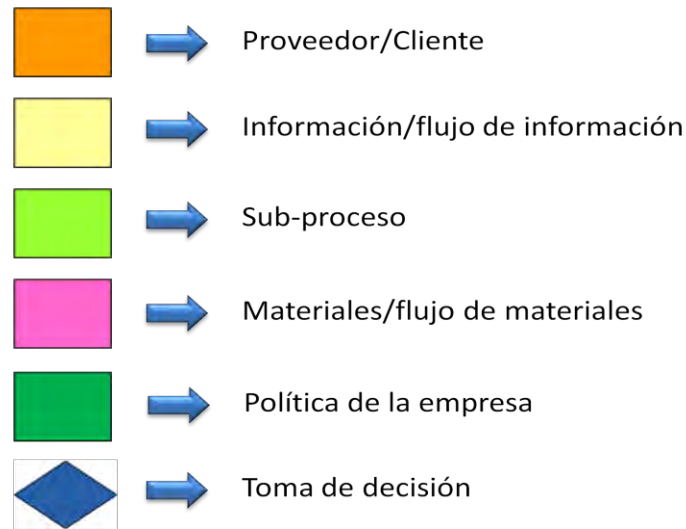


Fig.10: Indicadores propuestos para el mapeo mediante SIPOC. Fuente: Elaboración propia

3.3.1.2. Búsqueda de los efectos indeseables

Un efecto indeseable en esencia es el primer indicio de que hay algo que podría estar mal en un sistema, es algo que realmente existe y que es negativo para sus propios méritos (Dettmer, 1998).

El significado parece obvio a primera vista, pero no es tan simple como parece. Los efectos pueden ser deseables, neutrales, o indeseables pero pueden ser calificados comparándolos con algún estándar. Obviamente, hay que determinar lo que es ese estándar antes de que se pueda etiquetar un efecto como deseable, indeseable o neutral.

Este principio es simple. Antes de determinar un efecto como indeseable, debemos conocer los límites del sistema, su objetivo y las condiciones necesarias. Estos son los factores que determinan si los efectos que observamos en la situación son positivos, neutrales o indeseables.

Para encontrar estos efectos, con fines de analizarlos y con ellos elaborar el árbol de realidad actual, se requiere del conocimiento previo del proceso que se analiza y por medio de una lluvia de ideas se mencionan los problemas que aparentemente se dan en este. De estos problemas, se requiere identificar cuales realmente son efectos indeseables y desechar los que no lo sean para evitar que el análisis arroje resultados erróneos.

3.3.1.3. Análisis de los efectos indeseables

El poder del árbol de realidad actual viene dado en base a la causa y el efecto. Este análisis causa-efecto se llega a confundir con la correlación (cualitativa) de dos factores o efectos indeseables, por lo que es importante diferenciar una de otra, ya que un árbol de realidad actual elaborado en base a correlaciones es propenso a ser invalido porque se podrían aislar causas raíz erróneas, lo que puede conducir a enfocar esfuerzos, recursos y tiempo en tratar de resolver un problema equivocado.

La diferencia entre la correlación y la causa-efecto es esencialmente el cómo y el porqué. Se tiene una correlación cuando se pueden observar patrones y tendencias para concluir cómo se comporta un fenómeno en relación a otro. Pero el elemento clave que le falta a la correlación es la respuesta a la pregunta ¿por qué? Si no se conoce el porqué no se conocerá lo que ocasiona que exista esa correlación.

Para asegurarse de no incluir la correlación en el árbol de realidad actual hay que referirse a las categorías para legitimar condiciones; una efectiva aplicación de estas asegura que la correlación no será confundida con causa-efecto.

Las categorías para legitimar condiciones son:

1. Claridad: El completo entendimiento de la palabra, idea o relación de causalidad
2. Existencia de entidad: La verificabilidad de un hecho o declaración
3. Existencia de causalidad: La conexión directa e inevitable entre una causa propuesta y un efecto en particular
4. Suficiencia de causa: La responsabilidad completa por todas las causas que contribuyen son dependientes en la producción de un efecto
5. Causa adicional: La existencia de una causa completamente distinta e independiente de un determinado efecto
6. Causa-Efecto de Inversos: Desalineación de causa y efecto
7. Predicción de la existencia de efectos: Efecto adicional esperado y verificable de una causa en particular
8. Tautología: Lógica circular o la existencia de efectos que justifican una causa propuesta

La aplicación de estas ocho reglas de lógica a los hechos que se conocen, y los hechos que se pueden descubrir, permiten realizar conexiones causales entre ellos, para concluir verdades sobre relaciones más grandes y más las complejas.

3.3.1.4. Causa raíz y problema central

En esta etapa se construye el árbol de realidad actual, basándose en el análisis previo de causas y efectos para generar un mayor entendimiento de los problemas que se analizan, esto es mediante el dibujo del árbol en el cual se muestran gráficamente las relaciones encontradas en el paso anterior; estas relaciones se dibujan de la siguiente forma:

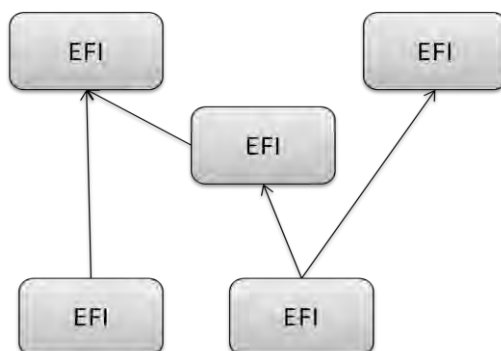


Fig.11: Ejemplo del arreglo de relaciones en el árbol de realidad actual. Fuente: Elaboración propia

Este arreglo de las relaciones le va dando forma al árbol de realidad actual, el cual en su parte inferior puede mostrar las principales causas de las relaciones de efectos indeseables, estas pueden ser las causas raíz. Sin embargo, si se logra ir más allá de este análisis, es posible encontrar un problema central.

Un problema central es un tipo único de causa raíz, que puede ser trazado claramente para cubrir un porcentaje mayor de los efectos indeseables encontrados en el sistema. Para ello se tiene una regla, si una causa raíz cubre el 70% de los efectos indeseables, entonces se tiene un problema central (Dettmer, 1998).

3.1.2. Propuesta de mejora

3.1.2.1. Decidir como explotar o eliminar las restricciones

En esta etapa del estudio de caso se pretende ofrecer una alternativa de solución que satisfaga la o las necesidades encontradas en el diagnóstico, con la finalidad que si estas son adoptadas se logre lidiar con las restricciones que de acuerdo con el árbol de realidad actual son las causas raíz o el problema central que ocasionan que el sistema analizado no

logre un mayor desempeño. Esto puede ser dado por una restricción física, para lo cual se requiere explotarla, o bien, por una restricción de gestión, la cual necesariamente debe de ser eliminada

En este punto, se requiere echar mano de las herramientas necesarias que posibiliten la mejora en el desempeño del sistema en base a las debilidades que se encuentren, sin importar cuales sean estas. Una vez determinadas las herramientas con las que se pretende dar paso a la mejora, es recomendable presentarlas de acuerdo con lo que indica el proceso de pensamiento, para dar respuesta a las preguntas:

- ¿Hacia qué cambiar?
- ¿Cómo causar el cambio?

Una vez resueltos estos cuestionamientos y presentando de forma clara la propuesta, se concluye la etapa del estudio de caso.

Capítulo 4: Diagnóstico

La empresa a la cual se realizó el Diagnóstico es una pequeña compañía mexicana de aproximadamente 50 empleados, está dedicada principalmente a la fabricación de partes de silicón para la industria electrodoméstica. Se encuentra ubicada en Querétaro Qro.

La compañía inició sus actividades productivas en el año de 1989, dedicándose a la producción de piezas de hule orgánico, natural y sintético. Para el año de 1990 diversificó su producción, incorporando dentro de los productos piezas moldeadas y extruidas de silicón.

4.1. Procesos generales de la empresa

Para conocer los principales procesos, se realizó una reunión con el gerente de la planta y los gerentes de las diferentes áreas para elaborar el value stream mapping que describe los procesos de manera general

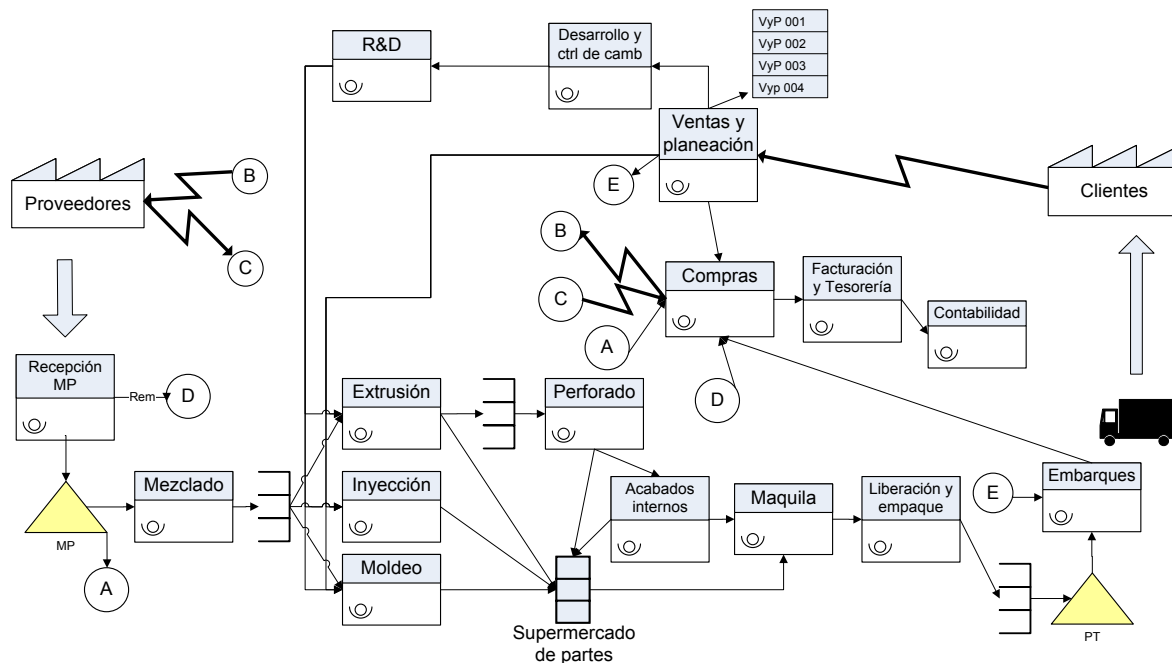


Fig.12: Value Stream Mapping obtenido del mapeo de los procesos generales de la empresa analizada. Fuente: Elaboración

propia

4.2. Principales procesos de la empresa

Con el fin de conocer los principales procesos de manera particular se realizaron reuniones con los encargados de los procesos seleccionados del VSM, en este caso los procesos son:

- Proceso de Extrusión
- Proceso de Perforado
- Proceso de Moldeo/Inyección
- Proceso de Materiales internos
- Proceso de Embarques
- Proceso de Liberación
- Proceso de Recepción de materia prima
- Proceso de Mezclado
- Proceso de Planeación
- Proceso de Compras
- Proceso de Facturación
- Sistema de Gestión de calidad

Para lograr conocer los procesos, se realizó un diagrama basado en el SIPOC de seis sigma, apoyándose del esquema de colores previamente propuesto, para diferenciar las operaciones.

Los mapas obtenidos en esta etapa son:

Proceso de extrusión PMI-01

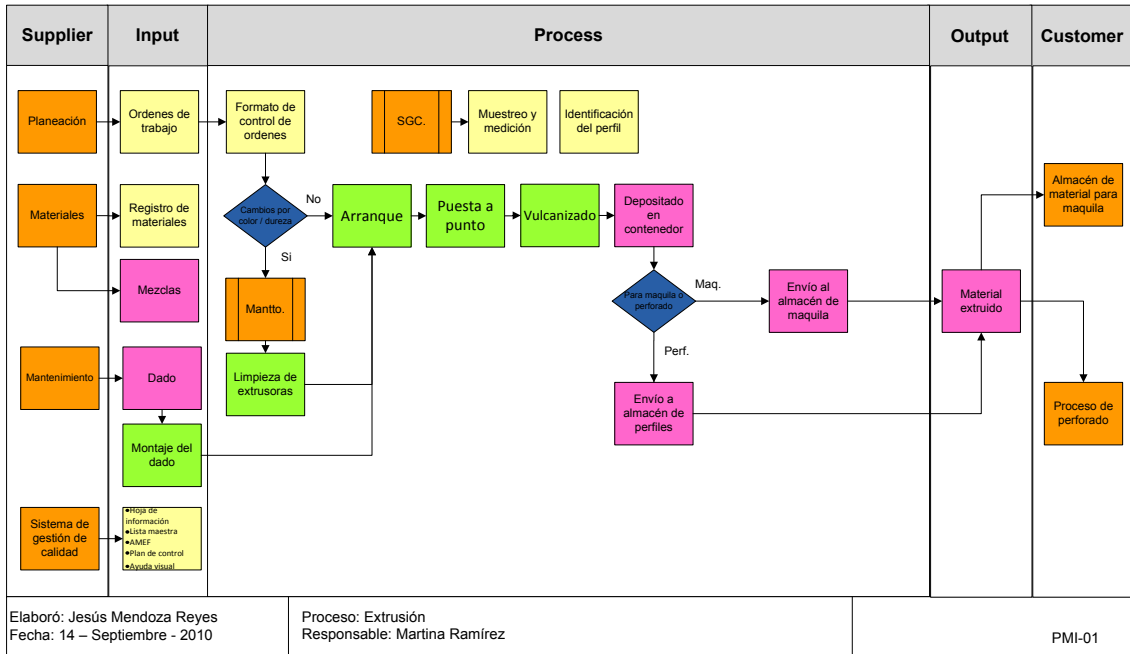


Fig.13: Mapa SIPOC del proceso de extrusión. Fuente: Elaboración propia.

Proceso de Perforado (PMI-02):

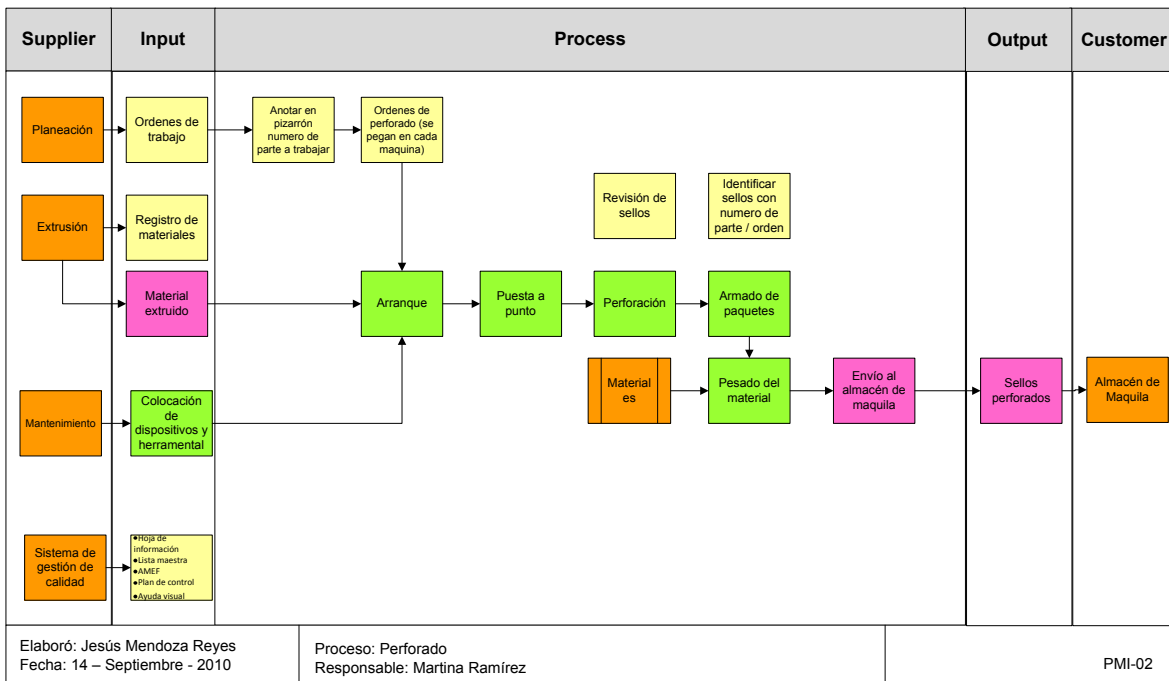


Fig.14: Mapa SIPOC del proceso de perforado. Fuente: Elaboración propia.

Proceso de Moldeo/Inyección (PMI-03, PMI-04):

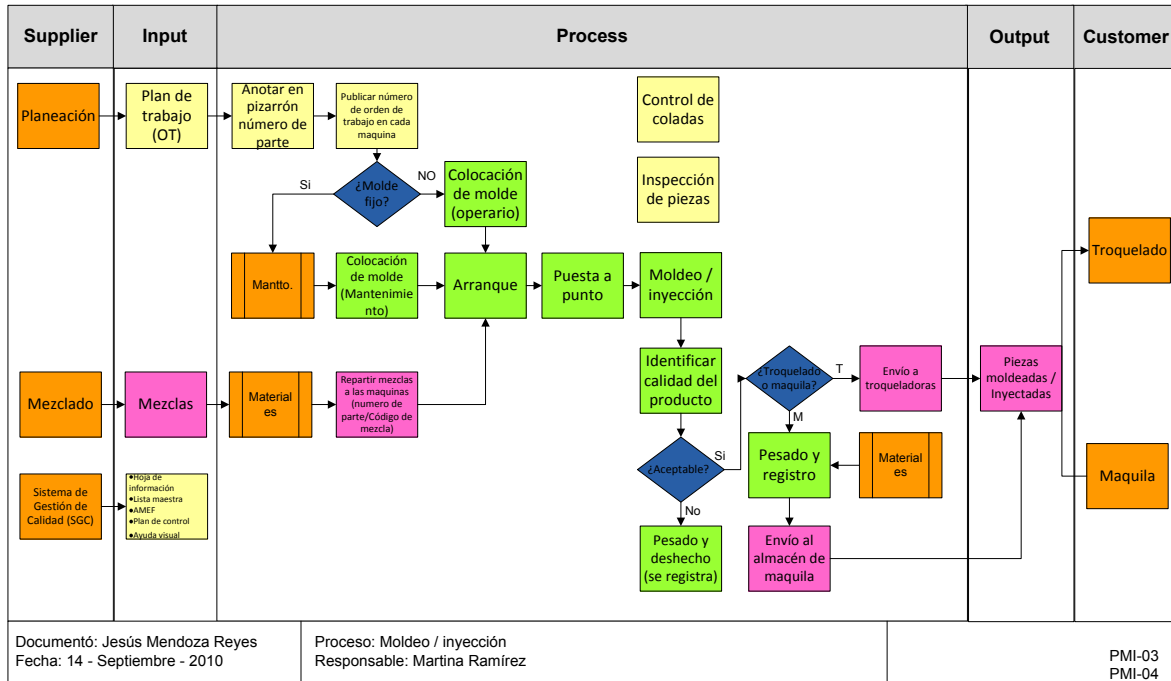


Fig.15: Mapa SIPOC del proceso de moldeo/inyección. Fuente: Elaboración propia.

Proceso de Materiales internos (MI-01):

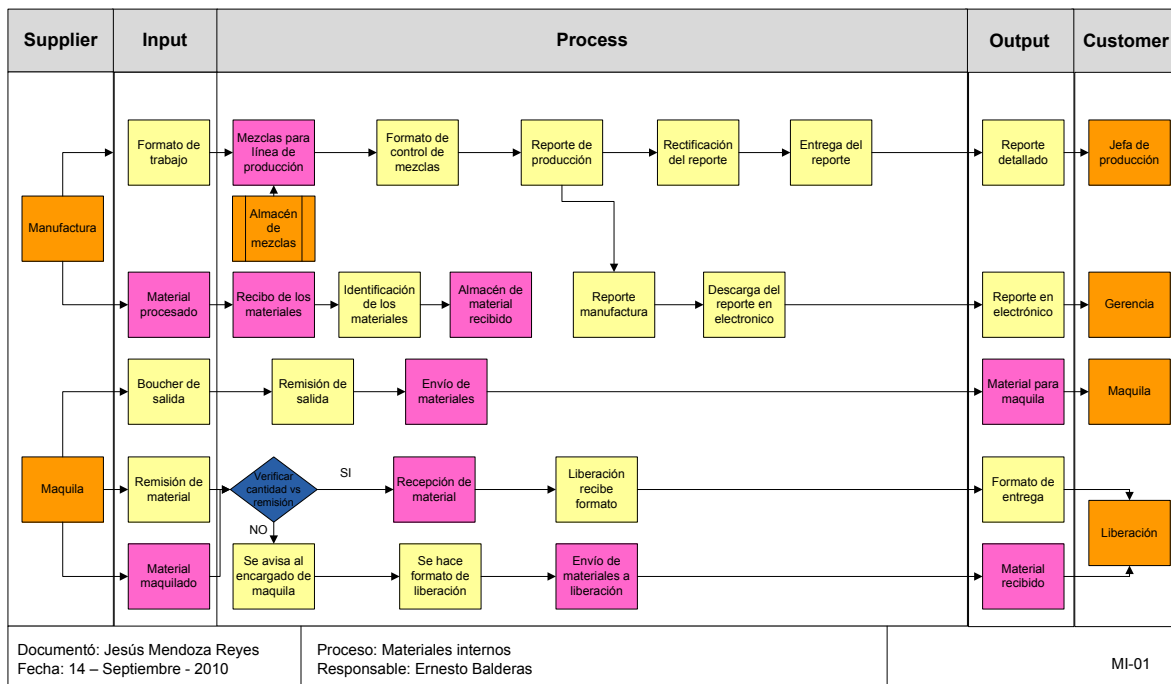


Fig.16: Mapa SIPOC del proceso de materiales internos. Fuente: Elaboración propia.

Proceso de embarques (EM-01):

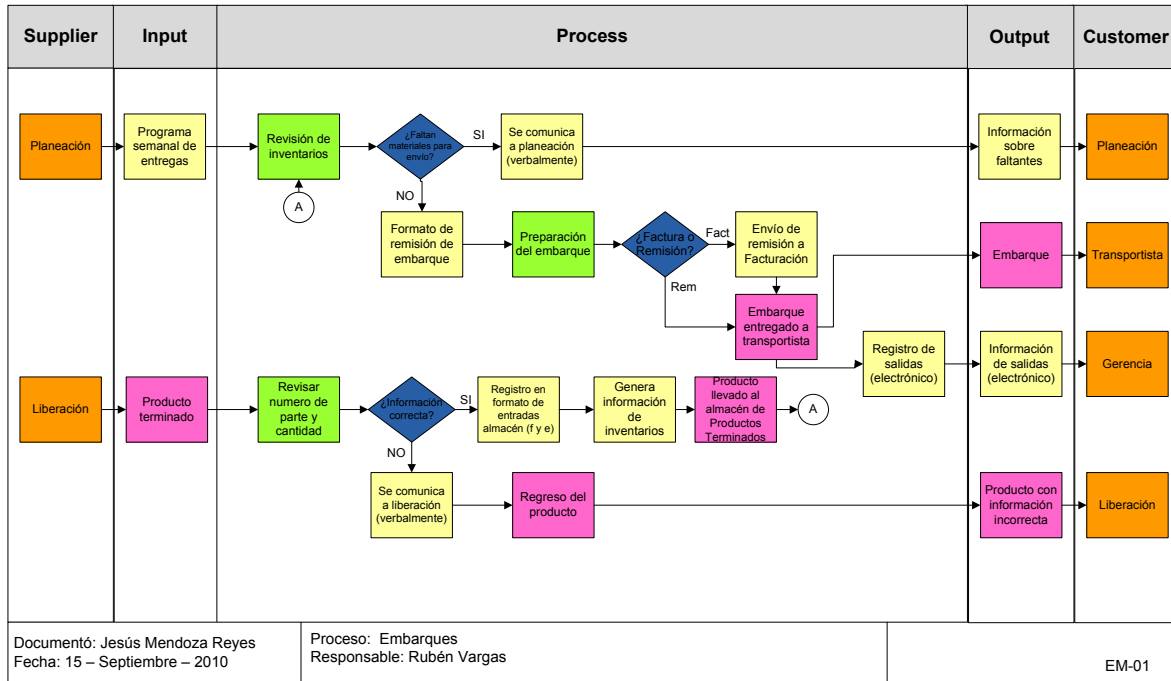


Fig.17: Mapa SIPOC del proceso de embarques. Fuente: Elaboración propia.

Proceso de Liberación (LI-01):

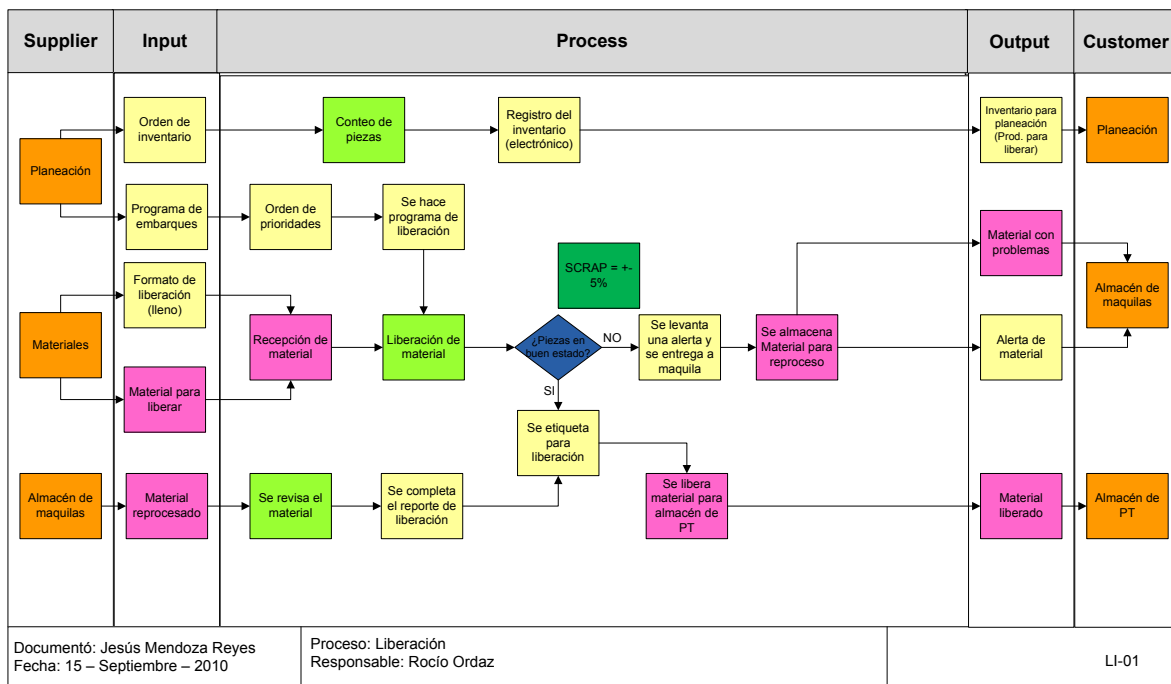


Fig.18: Mapa SIPOC del proceso de liberación. Fuente: Elaboración propia.

Proceso de recepción de materia prima (RMP-01):

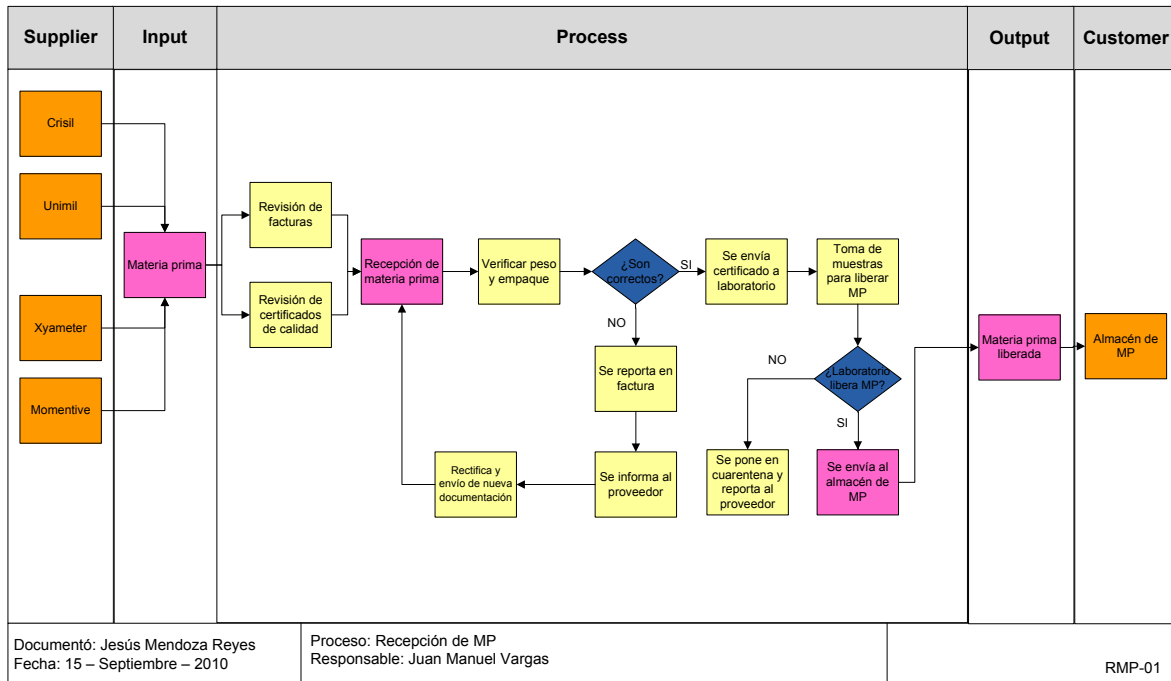


Fig.19: Mapa SIPOC del proceso de recepción de materia prima. Fuente: Elaboración propia.

Proceso de mezclado (MZ-01):

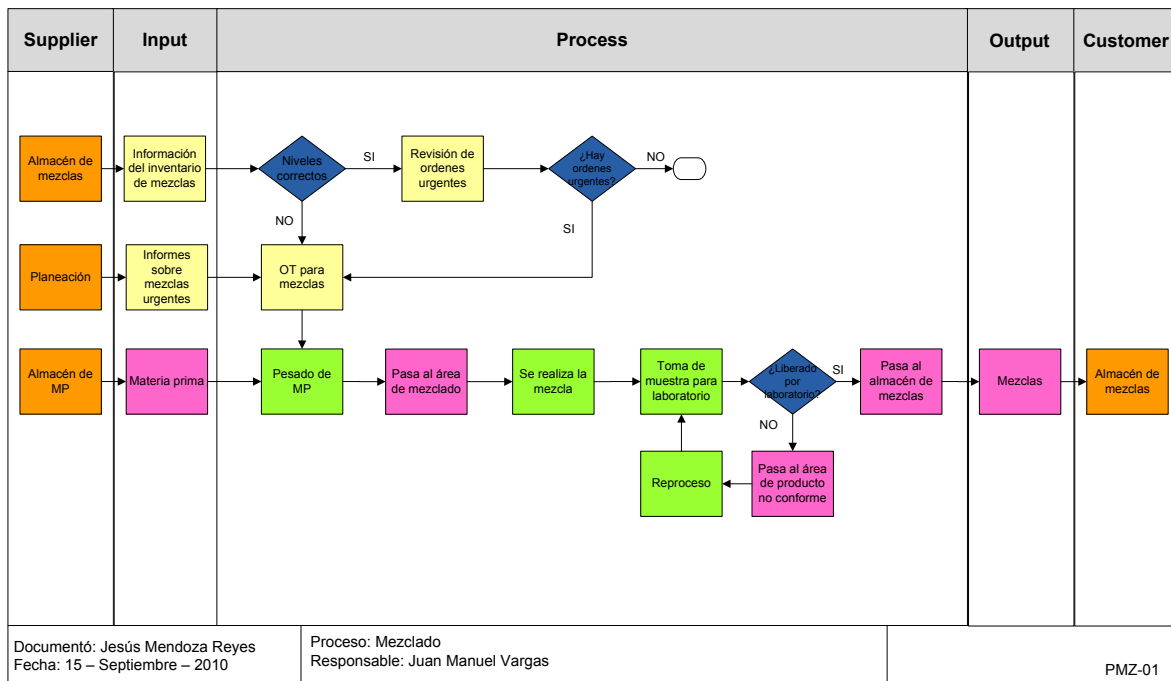


Fig.20: Mapa SIPOC del proceso de mezclado. Fuente: Elaboración propia.

Proceso de Planeación (PI-01):

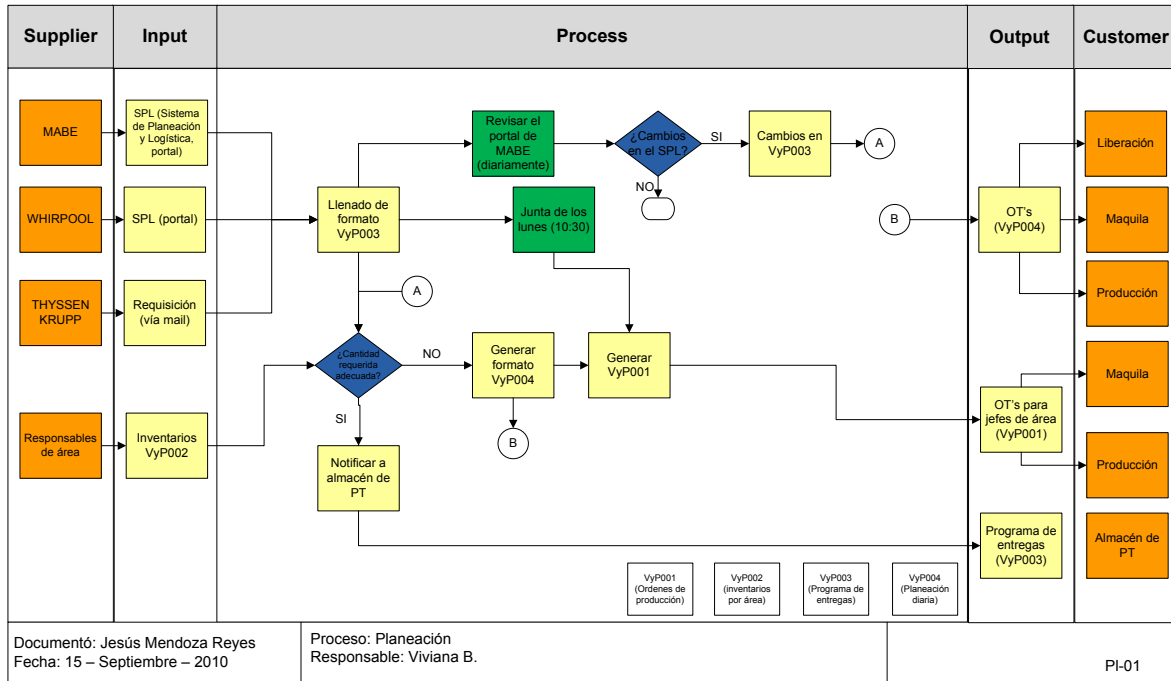


Fig.21: Mapa SIPOC del proceso de planeación. Fuente: Elaboración propia.

Proceso de compras (CO-01):

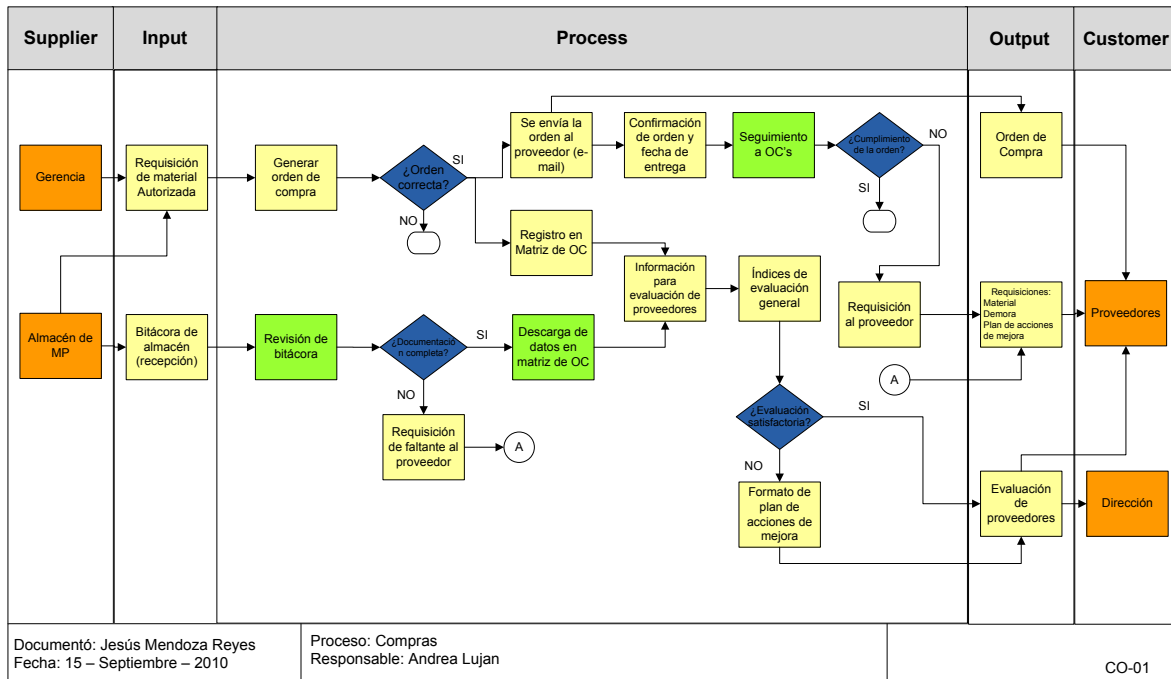


Fig.22: Mapa SIPOC del proceso de compras. Fuente: Elaboración propia.

Proceso de facturación (FAC-01):

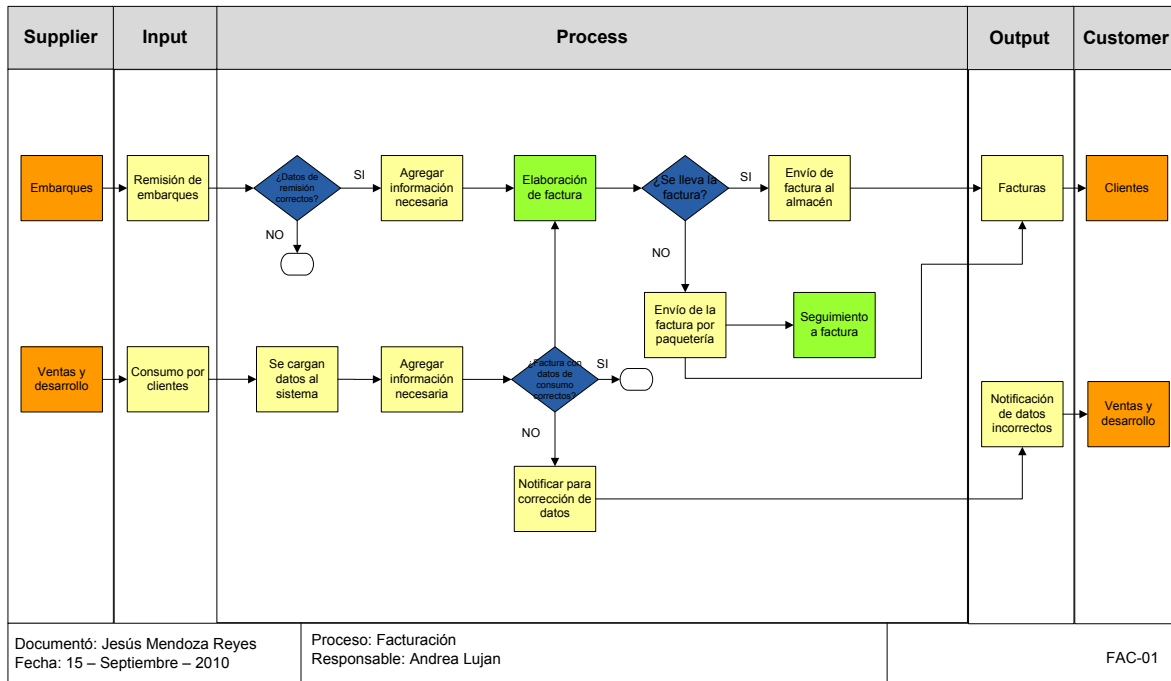


Fig.23: Mapa SIPOC del proceso de facturación. Fuente: Elaboración propia.

Sistema de gestión de calidad (SGC-01):

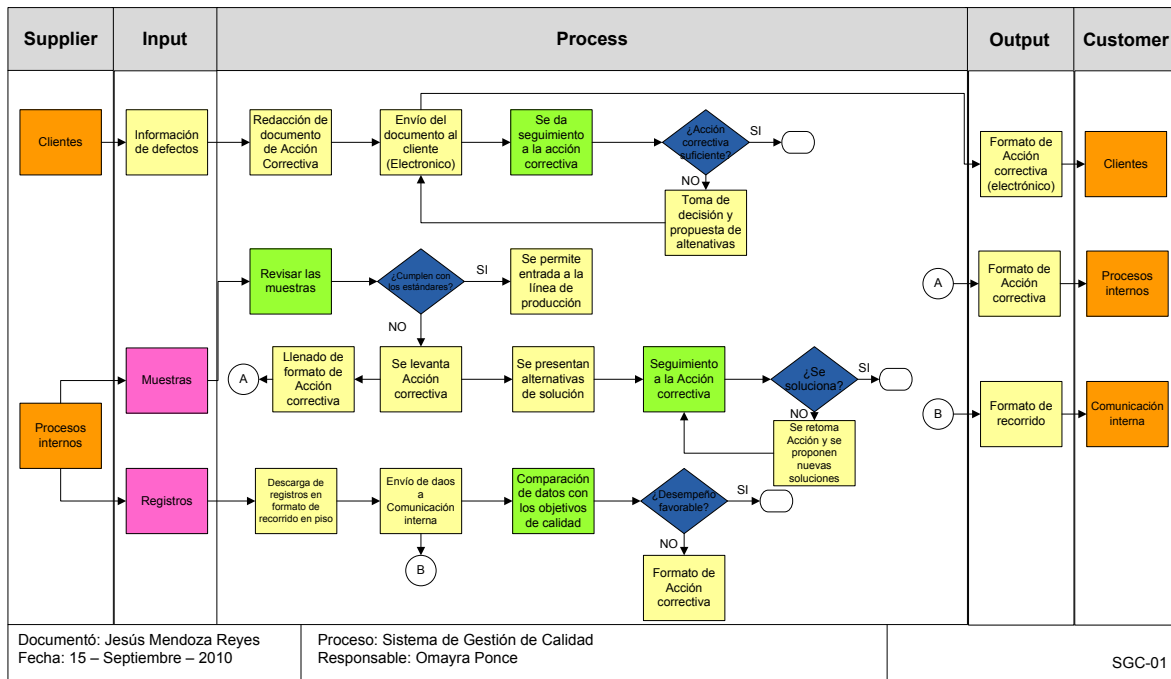


Fig.24: Mapa SIPOC del proceso de sistema de gestión de calidad. Fuente: Elaboración propia.

4.3. Problemas existentes en los procesos seleccionados

Posterior a la elaboración del diagrama de proceso, mediante una lluvia de ideas se identifican los principales problemas que actualmente afectan los procesos, es decir, los efectos indeseables, estos son los datos con los que se realiza el análisis que dará pie al árbol de realidad actual que será el apoyo para identificar qué es lo que está causando estos efectos.

Efectos indeseables encontrados por proceso:

Proceso de extrusión PMI-01:

- Material mal mezclado o contaminado
- Dureza de la mezcla (suave)
- Registro equivocado
- Dado mal centrado o sucio
- Pérdida de tiempo por falta de programación
- Mantenimiento no realiza sus tareas en el tiempo conveniente
- Tiempo de respuesta para los cambios
- Extrusora sucia
- Mantenimiento de torres (mat. Crudo)
- Doble conteo al material identificación de perfiles
- Duplican el conteo del material
- Contenedor sucio

Proceso de perforado PMI-02

- Perfil con dimensiones muy variadas
- Registro de órdenes equivocadas
- Dispositivo desajustado
- Dispositivos no colocados a tiempo
- Navajas sin filo
- Mototools descompuestos
- Publicación de órdenes equivocadas
- Amarres mal identificados
- Amarres mal contados
- Mal pesado del material

Proceso de Moldeo/Inyección PMI-03/PMI-04

- Planeación de última hora
- Moldes no listos por falta de anticipación al montaje
- Ordenes de producción bajo volumen
- Rotación acelerada de moldes y puestas a punto
- Variación en la calidad del material
- Espesor de mezcla variado
- Mezclas contaminadas
- Dureza no correspondiente
- Ordenes mal registradas
- Material viejo o caducado
- Publicación de órdenes equivocadas
- Maquinaria sin mantenimiento adecuado
- Moldes sucios o mal colocados
- Pérdida de tiempo para colocar molde
- Moldes dañados por los operarios
- Material mal identificado por el operario

Proceso de Materiales internos MI-01

- Falta de sello (colocación por personal)
- Se para producción por falta de material
- Cantidades escritas no coinciden con las reales
- Confusión de lotes
- Problemas de llenado por rotación de personal
- Problemas de llenado por rotación de persona
- Cantidades erróneas

Proceso de Embarques EM-01

- Falta de planeación (piden cosas urgentes)
- Modificaciones al programa de entregas
- Liberación no entrega faltantes a tiempo
- Suele haber discrepancias en inventarios
- No hay espacio suficiente para trabajar
- El sistema es muy lento
- Errores en llenado de remisiones
- Tardanza en certificar PT para enviar al cliente
- Falta de tarimas
- Falta de fleje o plástico para empacar
- Falta de cajas para el producto
- Falta espacio en el almacén de producto terminado
- Se tardan en hacer facturas
- Entrega de material equivocado

- Falta de transporte

Proceso de Liberación LI-01

- No concuerda lo planeado con lo existente
- El material no llega a tiempo
- Material mal contado
- Regularmente se trabaja con Críticos
- Falta de material para cubrir Críticos
- Falta de comunicación Almacén – Planeación afecta liberación
- Hay que estar “apagando incendios”
- Problemas de calidad detectadas en forma tardía
- Se depende de la experiencia del personal
- No hay mobiliario suficiente y adecuado para trabajar
- Los criterios de calidad afectan la selección de piezas
- No hay capacidad para guardar tanto material
- No es balanceada la capacidad de las liberadoras
- Los inventarios no cuadran con lo que entra (manejo de scrap)
- Manejo de materiales complejo
- Exceso de trabajo
- No hay programación de recibo
- Almacén de producto para liberar no es adecuado (no hay racks)

Proceso de Recepción de materia prima RMP-01

- Proveedores entregan cantidades incompletas
- Falta de certificados de calidad
- Falta de montacargas
- No se tiene horario para recepción de material
- Laboratorio no libera a tiempo el material
- Falta espacio en almacén de MP

Proceso de Mezclado MZ-01

- Seguido se piden ordenes urgentes
- No se cuenta con una báscula estable
- El personal no tiene cuidado al mezclar
- Laboratorio no libera rápido el producto
- El almacén de mezclas es muy pequeño

Proceso de Planeación PI-01

- Los inventarios no son reales

Proceso de Compras CO-01

- Tareas múltiples
- Visibilidad de inventario
- Conocimiento de los productos
- Falta compromiso por los proveedores

Proceso de Facturación FAC-01

- Remisiones erróneas
- Consumos erróneos

Sistema de gestión de calidad SGC-01

- Resistencia a las acciones correctivas
- Aportación de información poco confiable

4.4. Análisis de los efectos indeseables

Los efectos indeseables son agrupados de acuerdo con su relación causa-efecto, algunos se reescriben para corregir el sentido y se agregan otros (necesarios) para complementar las relaciones. Con esto, se encuentran algunas causas que engloban a gran parte de los efectos indeseables.

CAUSA	EFFECTO
Planeación de última hora	Moldes no listos por falta de anticipación al montaje Rotación acelerada de moldes y puestas a punto Pérdida de tiempo por falta de programación Mantenimiento no realiza sus tareas en el tiempo conveniente Ordenes de producción bajo volumen Dispositivos no colocados a tiempo Se para producción por falta de material Piden cosas urgentes Modificaciones al programa de entregas

	<p>Falta de transporte Regularmente se trabaja con Críticos Falta de material para cubrir Críticos Hay que estar “apagando incendios” Seguido se piden ordenes urgentes</p>
Proceso de planeación de materiales deficiente	<p>Falta de tarimas Falta de fleje o plástico para empacar Falta de cajas para el producto</p>
Nos afecta la alta variabilidad en la demanda del cliente	<p>Altos niveles de inventario Poco espacio para operar No hay capacidad para guardar tanto material El material no llega a tiempo Hay que estar “apagando incendios” Sobrecarga de trabajo Seguido se piden ordenes urgentes Los inventarios no son reales</p>
No hay procedimientos estándares (A)	<p>Navajas sin filo Falta de sello (colocación por personal) Resistencia a las acciones correctivas Aportación de información poco confiable Falta de comunicación Almacén – Planeación Problemas de calidad detectadas en forma tardía Los criterios de calidad afectan la selección de piezas No hay programación de recibo No se tiene horario para recepción de material Tareas múltiples Manejo de materiales complejo</p>
El personal no cuenta con los skills adecuados (B)	<p>Ordenes mal registradas Publicación de órdenes equivocadas Moldes dañados por los operarios Material mal identificado por el operario Registro equivocado Dado mal centrado o sucio Extrusora sucia Contenedor sucio Errores en llenado de remisiones Se depende de la experiencia del personal No es balanceada la capacidad de las liberadoras Remisiones erróneas Consumos erróneos</p>

	<p>Desconocimiento de los productos Duplican el conteo del material Publicación de órdenes equivocadas Amarres mal identificados Amarres mal contados Mal pesado del material Entrega de material equivocado Material mal contado</p>
(A)(B)	<p>Perfil con dimensiones muy variadas Registro de órdenes equivocadas Dispositivo desajustado Tardanza en certificar PT para enviar al cliente Se tardan en hacer facturas Laboratorio no libera a tiempo el material El personal no tiene cuidado al mezclar Laboratorio no libera rápido el producto Cantidades escritas no coinciden con las reales Confusión de lotes Problemas de llenado por rotación de personal Falta de visibilidad de inventario Variaciones en el proceso de mezclado</p>
Variaciones en el proceso de mezclado	<p>Variación en la calidad del material</p>
Variación en la calidad del material	<p>Espesor de mezcla variado Dureza no correspondiente Material mal mezclado o contaminado Dureza de la mezcla (suave) Mezclas contaminadas</p>
No existe un programa de mantenimiento	<p>Maquinaria sin mantenimiento adecuado Moldes sucios o mal colocados Pérdida de tiempo para colocar molde Dado mal centrado o sucio Mantenimiento no realiza sus tareas en el tiempo conveniente Extrusora sucia Mantenimiento de torres (mat. Crudo) Dispositivo desajustado Dispositivos no colocados a tiempo Navajas sin filo Mototools descompuestos Perfil con dimensiones muy variadas</p>

<p>Se carece de una definición estructural los procesos</p>	<p>Los recursos no son los óptimos (Mesas) No hay espacio suficiente para trabajar No hay mobiliario suficiente y adecuado para trabajar Almacén de producto para liberar no es adecuado (no hay racks) Falta de montacargas No se cuenta con una báscula estable</p>
<p>Falta compromiso por los proveedores</p>	<p>Proveedores entregan cantidades incompletas Falta de certificados de calidad</p>
<p>PRINCIPALES EFECTOS (vienen dados por una serie de causas previas)</p>	<p>Se para producción por falta de material Suele haber discrepancias en inventarios No concuerda lo planeado con lo existente Los inventarios no cuadran con lo que entra</p>

De lo contenido en la tabla anterior, es posible generar un diagrama en el cual las relaciones pueden ser más visibles. Para este diagrama también se agregan algunos efectos que no se habían tomado en cuenta, pero demuestran las relaciones existentes o representan la causa de una serie de ellos.



Fig.25: Diagrama de relaciones de los efectos indeseables. Fuente: Elaboración propia

4.5. Árbol de realidad actual (CRT)

Finalmente, con las relaciones encontradas en los efectos indeseados y las causas que los generan, se reacomoda el diagrama anterior para dar forma al árbol de realidad actual. Las causas que se encuentran en color rojo se pueden considerar como las causas raíz, sin embargo, en caso que se encuentre una relación más allá de las causas que ya han sido identificadas, esta es la causa raíz del árbol en su totalidad, o bien, el problema central.

El árbol de realidad actual que se genera del análisis es el siguiente, en el que los óvalos con la leyenda "EFI's" representan un conjunto de efectos indeseables:

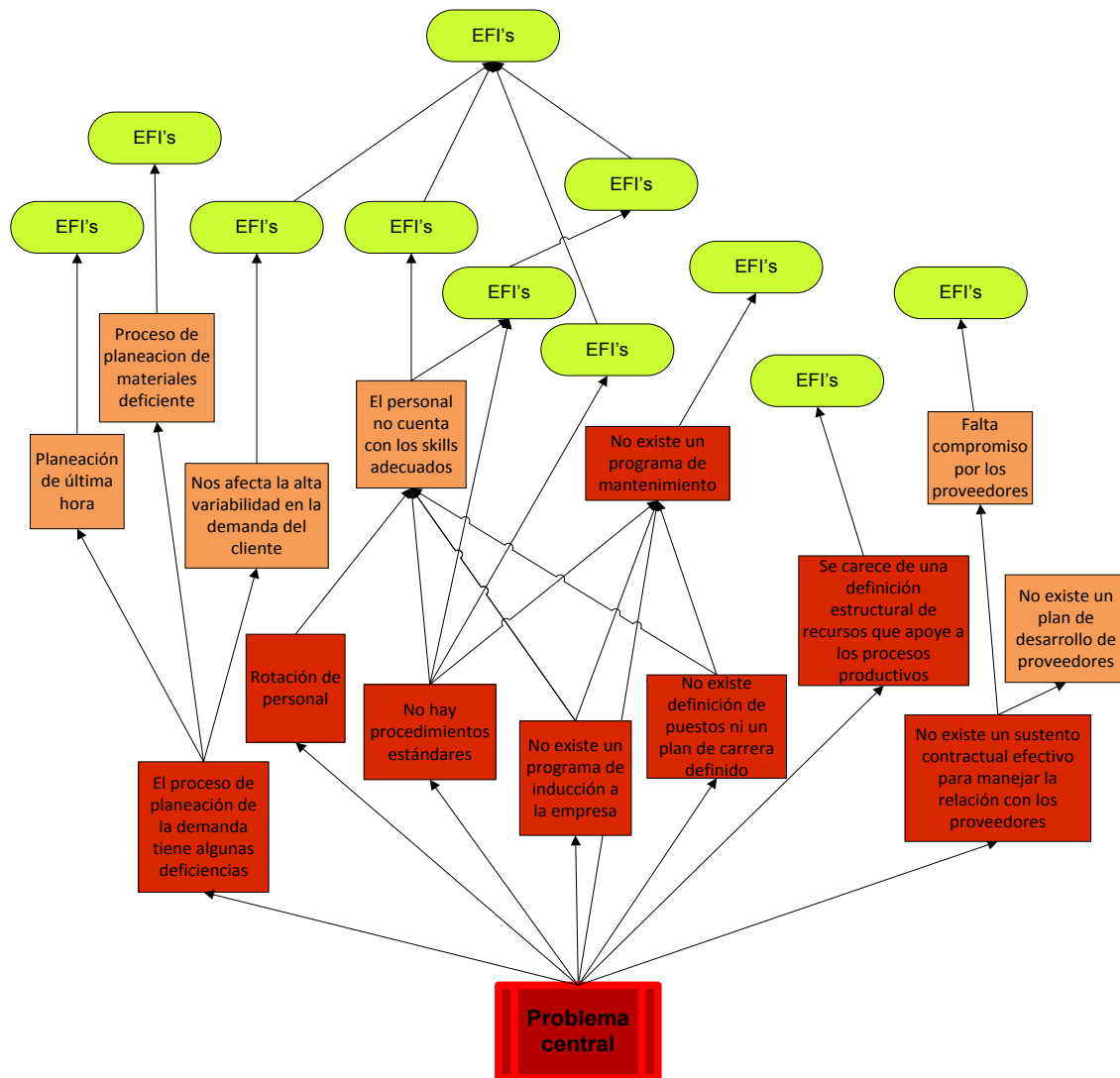


Fig.26: Árbol de realidad actual de la empresa analizada. Fuente: Elaboración propia.

4.6. Causas Raíz y problema central

Las principales causas identificadas en el árbol de realidad actual, que son las causas raíz de los efectos indeseables identificados son:

- El proceso de planeación de la demanda tiene algunas deficiencias
- Rotación de personal
- No hay procedimientos estándares
- No existe un programa de inducción a la empresa
- No existe una definición de puestos ni un plan de carrera definido
- No existe un programa de mantenimiento
- Se carece de una definición estructural de los recursos que apoye a los procesos productivos
- No existe un sustento contractual efectivo para manejar la relación con los proveedores

La problemática que genera esta serie de causas raíz, es lo que ocasiona que la empresa no tenga un mayor desempeño respecto al actual y a su vez es el problema central del árbol de realidad actual es:

“La empresa carece de una estrategia de operaciones”

Estrategia de operaciones (Slack, 2007): Es la dirección y la contribución general de la función de operaciones con el negocio, la forma en que las necesidades del mercado y la capacidad de los recursos de operación se ajustan. Se refiere al patrón de decisiones y acciones estratégicas que establecen el papel, los objetivos y las actividades de la operación.

El contenido de la estrategia de operaciones son las acciones y decisiones específicas que establecen el rol de las operaciones, sus objetivos y actividades. El proceso de la estrategia de operaciones es el método que se utiliza para tomar decisiones específicas.

No hay un acuerdo universal sobre cómo debe ser descrita la estrategia de operaciones. Por lo que es posible encontrar algunas diferencias en su significado dependiendo del autor del que se tome.

Capítulo 5: Propuesta de mejora

5.1. ¿Hacia qué cambiar?

Con la información obtenida en el diagnóstico, la cual indica que se carece de una estrategia de operaciones y con el conocimiento adquirido con respecto a la situación actual de la empresa que confirma el diagnóstico, el siguiente punto es definir hacia que cambiar, para ello es importante conocer más sobre lo que es la estrategia de operaciones.

5.1.1. Estrategia de operaciones

A largo plazo, el objetivo principal de las operaciones y procesos es proporcionar a un negocio algún tipo de ventaja estratégica. Es por ello que la gestión de procesos de negocio, las operaciones y su estrategia global deben estar conectadas de manera lógica. Sin esta conexión, las operaciones y procesos no podrían contar con una dirección coherente y podrían terminar tomando decisiones internas que no reflejan la estrategia de la empresa, o bien, entren en conflicto entre sí. Así que una clara estrategia de operaciones es vital. Y aunque las operaciones y la gestión de procesos son en gran parte operacionales también tienen una dimensión estratégica que es vital para que las operaciones cumplan con su potencial para contribuir a la competitividad.

Estrategia de operaciones es el patrón de decisiones y acciones que dan forma a la visión a largo plazo, los objetivos y capacidades de la operación y su contribución a la estrategia global del negocio.

En la mayoría de las decisiones de gestión de operaciones es posible ver con lo que está tratando. Se puede tocar el inventario, hablar con la gente, programar las máquinas, etc. Pero la estrategia es diferente. No se puede ver una estrategia, sentirla o tocarla. Además, mientras que los efectos de la mayoría de las decisiones de gestión de operaciones se hacen evidentes con relativa rapidez, pueden pasar años antes de que una estrategia de operación pueda ser juzgada como un éxito o no. Por otra parte, cualquier estrategia es siempre más que una sola decisión. La estrategia de operaciones se dará a conocer en el patrón total de las decisiones que la empresa asuma en el desarrollo de sus operaciones en el largo plazo.

5.1.1.1. ¿Qué debe hacer una estrategia de operaciones?

- En primer lugar, debe que articular una visión de cómo las operaciones de la empresa y el proceso pueden contribuir a la estrategia global.
- En segundo lugar, Debe traducir las necesidades del mercado en un mensaje que tenga algún significado con las operaciones.
- En tercer lugar, Debe identificar la serie de decisiones que darán forma a las capacidades de operación, y permitir el desarrollo a largo plazo, a fin de que sirva para la base de una ventaja sustentable para la empresa
- En cuarto lugar, debe explicar cómo las necesidades del mercado y las operaciones estratégicas deben ser amalgamadas.

Para el desarrollo de una estrategia de operaciones es necesario identificar de los cinco aspectos (u objetivos) de desempeño, cual o cuales son más importantes para la empresa (en relación con su estrategia competitiva), estos son:

- Calidad
- Velocidad
- Confiabilidad
- Flexibilidad
- Costo

5.1.1.2. Vínculos que se generan o requieren con la estrategia de operaciones

La estrategia de operaciones debe conciliar las decisiones estratégicas con los objetivos, esto se puede ver en la matriz de estrategia de operaciones, en la que se describe a la estrategia de operaciones como la intersección de los objetivos de desempeño de una empresa y las decisiones estratégicas que se realizan en esta.

Si una empresa piensa que tiene una estrategia de operaciones, entonces debe de tener una explicación coherente para cada celda de la matriz, es decir, se debe de tener la

capacidad de explicar los vínculos entre cada objetivo de desempeño y cada área de decisión.



Fig.27: Matriz de estrategia de operaciones. Fuente: APICS Strategic management of resources reference sourcebook.

5.1.1.3. Perspectiva de la estrategia de operaciones

Las necesidades para el desarrollo de una estrategia de operaciones van en dos sentidos, según la perspectiva que se esté tomando en cuenta:

- Desde arriba hacia abajo de la organización
- Desde abajo hacia arriba de la organización

La primera se refiere a las necesidades que se contemplan a nivel directivo, y tienen tres niveles: corporativo, de negocio y funcional.

La segunda representa las necesidades que se ven durante la operación en el día a día, se basa en la experiencia obtenida durante esto. Con este conocimiento es posible generar estrategias emergentes que van tomando forma mediante el consenso a un alto nivel de la compañía de la experiencia de las operaciones; este consenso se confirma y provee recursos para que las operaciones se den eficientemente.

Este punto de vista de la estrategia de operaciones refleja cómo las cosas suceden a menudo, pero a primera vista parece menos útil para proporcionar una guía para la toma de decisiones específicas. Sin embargo, mientras que las estrategias emergentes son menos fáciles de clasificar, el principio rector de una perspectiva de abajo hacia arriba es claro: los objetivos de una operación y sus acciones deben ser en forma por lo menos en parte por el conocimiento que se obtiene de las actividades cotidianas. Las virtudes clave necesarias para dar forma a la estrategia de abajo hacia arriba son la capacidad de aprender de la experiencia y una filosofía de mejora continua y gradual.



Fig.28: Perspectivas de la estrategia de operaciones. Fuente: APICS Strategic management of resources reference sourcebook.

En la figura se puede ver que la estrategia de operaciones incorpora los objetivos de la dirección de la empresa y define cómo los recursos de la empresa lograrán alcanzarlos.

5.1.1.4. Requerimientos del mercado y recursos operativos

Cualquier estrategia de operaciones debe de reflejar la posición de mercado que se proyecta para el negocio. Las compañías compiten de diferentes formas: algunas

compiten principalmente en costo, otras mediante la excelencia de sus productos o servicios, algunas otras compiten mediante elevados niveles de servicio al cliente, etc.

La función de operaciones debe de responder a lo anterior teniendo la habilidad de trabajar de una manera apropiada para la posición de mercado que se ha proyectado. Esta es una perspectiva de mercado en la estrategia de operaciones. Pero la estrategia de operaciones debe de hacer más que simplemente cumplir con las necesidades del mercado a corto tiempo.



Fig.29: La estrategia de operaciones vincula los recursos operativos con los requerimientos del mercado. Fuente: Slack, Nigel.

Operations management. Fifth ed.

Los procesos y recursos dentro de las operaciones también necesitan ser desarrollados a largo plazo para proveer al negocio un conjunto de competencias o capacidades, como el "know-how" que forma parte de los recursos y procesos del negocio.

Estas capacidades se pueden crear durante el tiempo, como resultado de la experiencia en la operación. Si estas son refinadas e integradas se puede ofrecer una base de la habilidad del negocio para ofrecer productos y servicios únicos y difíciles de imitar. Esta es la idea de una base de capacidades competitivas a largo plazo derivada de los recursos y procesos de las operaciones.

Crear capacidades de operaciones significa entender los recursos y procesos existentes en la operación, comenzando con las preguntas ¿Qué se tiene? Y ¿Qué se puede hacer? Una operación no solo es la suma de sus procesos. También tiene recursos intangibles, como:

- La relación con sus proveedores y la reputación que se tiene con sus clientes
- El conocimiento y experiencia manejando la tecnología de sus procesos

- La forma en que su staff puede trabajar para el desarrollo de un nuevo producto o servicio
- La forma en que se integran todos sus procesos en un todo, soportados mutuamente

En la estrategia de operaciones las perspectivas de los requerimientos del mercado y de los recursos de las operaciones representan dos lados de una ecuación que se debe de conciliar. Por un lado se tiene que las operaciones deben de ser capaces de cumplir con los requerimientos del mercado; y por otro lado, también se deben de desarrollar capacidades que permitan hacer cosas a las que los clientes encuentren un mayor valor, pero que sean difíciles de imitar por los competidores. Idealmente debe de haber un grado razonable de alineación entre los requerimientos del mercado y las capacidades de los recursos de operación.

5.1.1.5. La estrategia de operaciones fija un patrón para la mejora

La estrategia de operaciones es el punto de inicio para la mejora de las operaciones. Esta fija la dirección en la que se cambiará durante el tiempo. Esto implica que el negocio requerirá que las operaciones cambien para bien. Por lo tanto, si una estrategia de operaciones no fija una idea de cómo se harán esas mejoras, no se cumplirá su propósito principal.

La estrategia de operaciones debe de fijar la prioridad relativa entre los objetivos de desempeño. Por ejemplo, algunas estrategias requerirán que se tenga una mayor velocidad de respuesta que eficiencia en costo, o bien, que la calidad sea más importante que la variedad, etc. Para lograrlo se debe de considerar la posibilidad de mejorar el desempeño de un objetivo sacrificando el desempeño de otro. Por ejemplo, se puede mejorar la eficiencia en costo de una operación mediante la reducción de la variedad de productos o servicios ofrecidos.

El fijar esta posición en la estrategia de operaciones proveerá a esta de un patrón hacia el cual mejorar su desempeño a futuro. Y el elegir qué objetivo de desempeño es más importante se hace en base a factores competitivos, como se puede ver en la siguiente figura:



Fig.30: Objetivos de desempeño en base a factores competitivos. Fuente: Slack, Nigel. Operations management. Fifth ed.

5.1.2. Propuesta de cambio

Con el conocimiento de lo que es una estrategia de operaciones, la respuesta a la pregunta ¿Hacia qué cambiar? es:

Hacia tener una estrategia de operaciones que vincule tanto las necesidades del mercado y de la dirección, con las capacidades operativas que se tienen en la empresa, al mismo tiempo, depurar y mejorar estas capacidades para no generar incertidumbre en la estrategia que se genere; para que mediante esto se logre un incremento en el desempeño general de la empresa y resulte con una mayor competitividad y estabilidad de mercado.

5.2. ¿Cómo causar el cambio?

Para causar el cambio necesario, es importante definir un plan de acciones que guíe la transición del estado actual al estado propuesto. Este plan debe de ser detallado y con una secuencia lógica que asegure el cumplimiento de los pasos necesarios para lograr dicha transición.

Para desarrollar dicho plan y lograr que se satisfaga la necesidad encontrada, es importante conocer cuáles son las necesidades específicas para alcanzar el estado propuesto (o deseado). Para esto, la empresa debe basarse en el mapeo realizado para el diagnóstico, identificar áreas de oportunidad, puntos de variabilidad, puntos de desperdicio, inconsistencias en el flujo de valor, necesidades que se presentan para el desarrollo de la estrategia de operaciones, etc. Con esta información, rehacer el mapeo para determinar el estado y la forma de los procesos a los que se pretende llegar. Algunas características que deben de contener estos mapas son:

- Mapeo de los procesos generales (Value Stream Mapping “futuro”)
 - Que sea un mapeo que refleje el flujo de valor que se tendrá con la estrategia de operaciones implementada
 - Que contenga los procesos y las principales relaciones entre ellos
 - Que refleje nuevas políticas y/o nuevas prácticas que se pretendan implementar para la estrategia de operaciones

- Mapeo de los procesos particulares
 - Que sea un mapeo en el que se observen claramente las entradas y salidas de cada proceso
 - Que los procesos tengan una correcta conexión ya sea de información o de material, es decir, que las salidas de un proceso sean las entradas de otro
 - En este mapeo de igual forma, pero de manera particular, se deben de ver reflejadas las mejoras que se pretenden hacer

Para identificar cómo realizar los cambios necesarios para lograr una transición del estado actual de los procesos al estado futuro representado en los mapeos, se necesita determinar de forma detallada cuales son los pasos a seguir para que se logre el cambio, qué requisitos se deben de cumplir en cada paso y cuales acciones se requieren para cubrir esos requisitos. Esto se puede observar en la siguiente imagen:



Fig.31: Transición del estado actual al estado futuro. Fuente: Elaboración propia.

De las herramientas de Teoría de restricciones, la que es de ayuda en la realización de este análisis y que da como resultado un programa detallado de pasos (denominados como objetivos intermedios), requisitos o pre-requisitos y acciones es el desarrollo de un árbol de prerrequisitos.

Una inyección para resolver un problema central o causa raíz, es una condición compleja del árbol de realidad futura. Es la suma de varias tareas y eventos. El árbol de prerrequisitos estructura esas tareas y eventos en una secuencia lógica que culmina con el logro de la inyección (Dettmer, 2003). En este caso, la inyección que se requiere es el desarrollo de una estrategia de operaciones.

¿Cómo construir un árbol de prerrequisitos?

El árbol de prerrequisitos es bastante fácil de construir, los siguientes pasos pueden ser suficientes para generar un primer borrador.

1. Formular el objetivo. Esto es, la inyección que se desea implementar
2. Identificar obstáculos. Para ello se requiere tomar en cuenta todos los posibles obstáculos o dificultades que se presentarán en la implementación

3. Identificar los objetivos intermedios. Identificar maneras para superar los obstáculos (tantas formas como sea posible), esto se realiza para cada obstáculo encontrado. Es importante evitar duplicidad de objetivos intermedios y seleccionar los mejores, es decir, aquellos con los que se asegura superar el obstáculo
4. Identificar otras tareas. Se requiere de la articulación de todas las acciones necesarias para cumplir cada objetivo intermedio
5. Secuenciar los objetivos intermedios. Decidir con qué objetivos intermedios se debe de cumplir primero en la secuencia y cuales deben de ser completados más cerca de alcanzar la inyección (o de culminar la implementación). Es importante refinar esta secuencia para que los objetivos intermedios ocurran en un correcto orden.
6. Conectar los objetivos intermedios. Los obstáculos no se vinculan
7. Revisar el árbol una vez completado

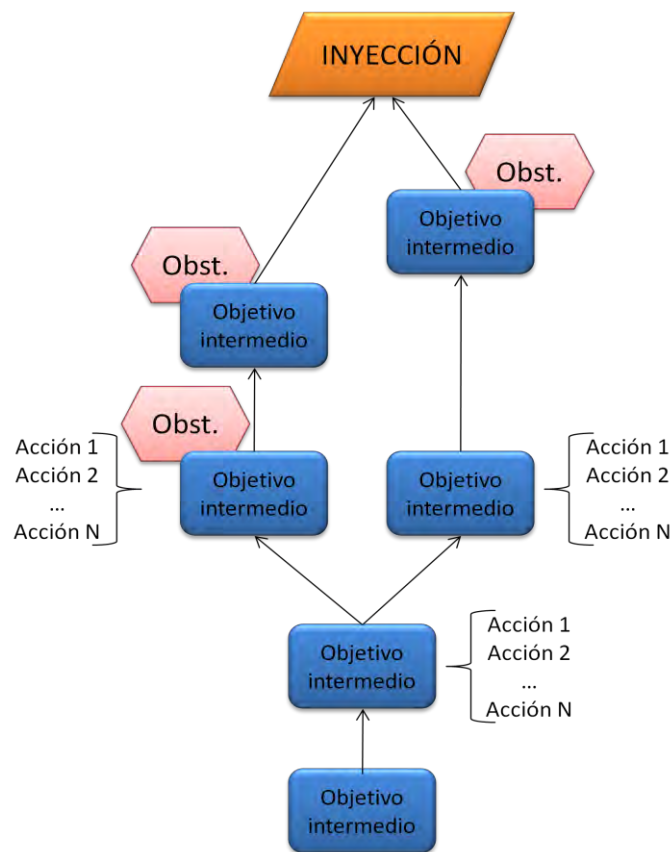


Fig.32: Ejemplo de árbol de prerrequisitos con acciones para cumplir los objetivos intermedios. Fuente: Elaboración propia.

Con el árbol de prerequisites terminado y revisado, se tiene ya un plan detallado de implementación que se puede convertir en un proyecto. Este proyecto se puede visualizar ordenando de manera horizontal los objetivos intermedios (girando el árbol de prerequisites 90° a la derecha) y proponiendo un periodo de tiempo para cumplir con cada uno, esto se puede ver en las siguientes figuras:

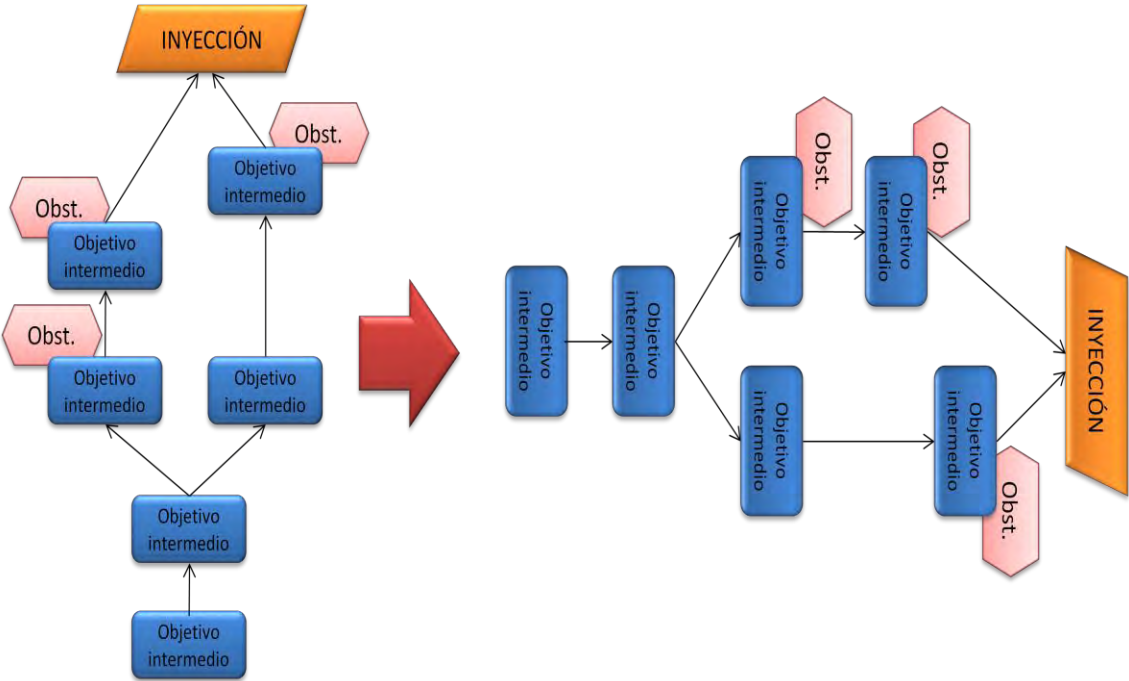


Fig.33: Giro del árbol de prerequisites. Fuente: Elaboración propia.

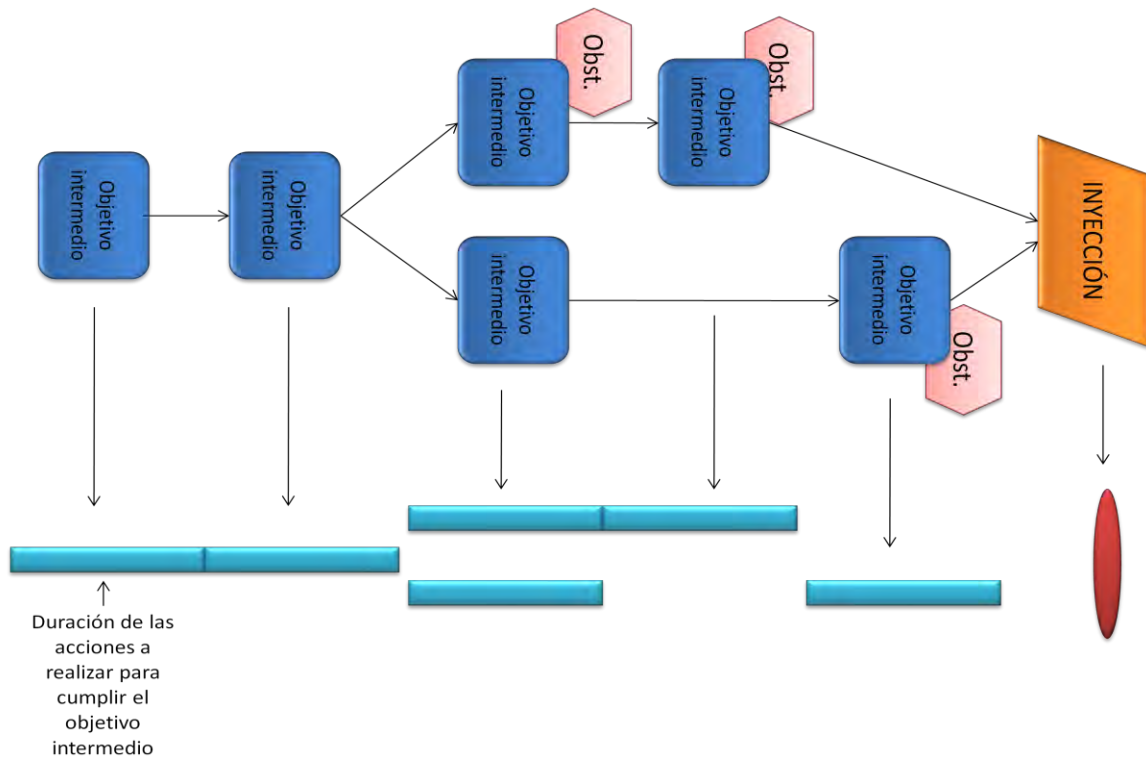


Fig.34: Proyección del árbol de prerequisites como un proyecto. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, con la proyección del árbol de prerequisites se tiene un proyecto a seguir para la implementación paso a paso de las acciones. La forma más robusta y confiable para planificar la ejecución del árbol de prerequisites es convertirlo en un programa de proyecto de cadena crítica (Dettmer, 2003).

5.3. Recomendaciones finales de la implementación

- En la etapa de diagnóstico se puede observar que los procesos no tienen una correcta conexión entre ellos. Es recomendable previo a la realización de los mapeos futuros, corregir esta situación para generar mayor certeza en los cambios a nivel particular que se propongan para la estrategia de operaciones
- La realización del árbol de prerequisites genera una guía detallada de cómo llevar a cabo la implementación de las mejoras necesarias para lograr eliminar la

restricción encontrada, por lo que es necesario hacer este árbol a conciencia y con un alto nivel de detalle de las acciones que se requieren

- El resultado que se obtendrá con el árbol de prerequisites puede ser considerado un proyecto de implementación. Por lo que se recomienda para la implementación tomarlo como un proyecto de cadena crítica, para asegurar el cumplimiento de los objetivos intermedios mediante la protección de la cadena crítica con buffers de tiempo
- Cuando se logre superar la restricción, se cumplirá con lo dicho en la quinta etapa (FFS). La restricción habrá sido eliminada, por lo que será hora de buscar una nueva restricción, lo que cierra el lazo del ciclo de mejora. Es necesario remarcar que el proceso de mejora nunca termina, siempre hay que buscar nuevas áreas de mejora: “¿Ahora, cuál es la restricción del sistema?”

Conclusiones y recomendaciones

Con el desarrollo presentado en esta tesis se logra cumplir con los objetivos propuestos y los alcances planteados. Así mismo, en el capítulo cinco se muestra de manera general qué es una estrategia de operaciones, lo que sirve de base para eliminar la restricción encontrada durante el diagnóstico.

Básicamente, esta tesis se puede interpretar en dos fases, la primera consiste en la etapa teórica que es en la que se presentan las bases de la teoría de restricciones y se muestra de manera breve otras dos metodologías (las cuales actualmente son muy usadas para procesos de mejora). La segunda fase es la parte práctica, que es la implementación de algunas de las herramientas de la teoría de restricciones mostradas en la etapa previa para detectar y proponer una forma de resolver un problema en una empresa dedicada a la manufactura.

Del análisis de la información mostrada en el marco teórico se pueden ver aspectos como los siguientes:

- Al igual que otras metodologías, la teoría de restricciones tiene como punto de partida generar un lazo cerrado como el presentado por Deming para los procesos de mejora continua
- Una de las principales diferencias con otras metodologías es que la mayoría de estas no juzgan las políticas de las empresas. Mientras que en el caso de Teoría de restricciones, las políticas pueden ser vistas como obstáculos durante la etapa del análisis del sistema (diagnostico)
- El conjunto de herramientas de Teoría de restricciones es aplicable a cualquier sistema y para diversos tipos de problemas, ya que una de sus premisas es la mejora del desempeño total del sistema
- La teoría de restricciones presenta un concepto holístico que se basa en la mejora del sistema de manera global, a diferencia de otras metodologías que buscan la mejora por procesos

Por otro lado, con la implementación parcial se puede ver que:

- La teoría de restricciones no se limita al uso exclusivo de sus herramientas, permitiendo el uso de otras herramientas con el fin de agilizar algunos procesos, como se muestra en el capítulo cuatro, se usan otras herramientas para agilizar el conocimiento de los procesos de la empresa diagnosticada
- Con la implementación de Teoría de restricciones es posible encontrar en que punto de la empresa es idóneo comenzar un proceso de mejora continua, ya que mediante sus herramientas ayuda a determinar cuáles son las principales áreas de oportunidad que presenta el sistema analizado
- Una implementación de Teoría de restricciones previo a alguna otra metodología es de gran importancia, ya que con los resultados que se obtienen tan solo con el proceso de pensamiento es posible conocer en que parte del sistema estudiado es más necesario implementar o dar inicio a mejoras
- Los resultados que puede arrojar una implementación de Teoría de restricciones, aún siendo parcial, pueden ser de gran importancia para la mejora del desempeño de los sistemas en los que esta se realiza. Esto es porque se gana en el conocimiento del sistema, sus áreas de oportunidad y principalmente porque se logra encontrar una base de partida para futuras mejoras

Con respecto a lo presentado en la justificación, con el desarrollo de esta tesis se puede ver que la teoría de restricciones se puede tomar como una metodología que brinda una guía para buscar mejoras de forma global y que permite que las mejoras realizadas en base a su aplicación tengan un impacto positivo en el desempeño de toda la organización, es decir, “es un apoyo para acercar a las organizaciones a su meta: ganar dinero”

Bibliografía

Bragg, Steven M. Throughput accounting: a guide to constraint management. John Wiley & Sons Inc., 2007

Covey, Stephen R. The 7 Habits of Highly Effective People, Simon and Schuster, New York, 1989

Cox, Jeff and Schleier, John. Theory of constraints handbook, McGraw Hill, 2010

Dan Gilmore, Entrevista a Eliyhu Goldratt: "Dr. Eli Goldratt - unplugged", supply chain digest, Marzo 2006

Dayley, Kennet W. The lean manufacturing pocket hand book, DW publishing Co.

Dettmer William H., (2006) 'Logical Thinking: The Categories of Legitimate Reservation'. *Goal Systems International*.

Dettmer, William H., (1997), 'Goldratt's Theory of Constraints: A Systems Approach to Continuous Improvement'. *Milwaukee, WI: ASQC Press*.

Dettmer, William. Breaking the constraints through a world class performance. American Society for Quality (ASQ), USA, 1998.

Dettmer, William. 'Goldratt's theory of constraints: a systems approach to continuous improvement'. American Society for Quality (ASQ), USA, 1997.

Dettmer, William. Strategic Navigation: A Systems Approach to Business Strategy. American Society for Quality (ASQ), USA, 2003.

Feld, William M. Lean manufacturing tools, techniques, and how to use them, St. Lucie Press, 2001

Goldratt, Eliyahu M y Jeff Cox. La meta, un proceso de mejora continua, Ediciones Castillo. 2ª ed. En español. México, 2002

Goldratt, Eliyahu M. Cadena critica, Ediciones Castillo, México, 2000.

Gupta, M. and Snyder D., (2009), 'Comparing TOC with MRP and JIT: a literature review', *International Journal of Production Research*, 47: 13, 3705 — 3739.

Lynn Boyd and Mahesh Gupta, (2004) 'Constraints management what is the theory?'. *International Journal of Operations & Production Management*. Vol. 24 No. 4.

Mabin, Victoria J., 'Goldratt's 'Theory of Constraints Thinking Processes: A Systems Methodology linking Soft with Hard'. School of Business and Public Management. Victoria University of Wellington, New Zealand

Mahesh C. Gupta and Lynn H. Boyd, (2008) 'Theory of constraints: a theory for operations management'. International Journal of Operations & Production Management Vol. 28 No. 10, pp. 991-1012.

McCarty, Thomas. The Six Sigma Black Belt Handbook. McGraw Hill, 2004

Michel, George L. Lean six Sigma Combining six sigma quality with lean speed. McGraw hill, 2002

Ricketts John Arthur. Reaching the Goal: How Managers Improve a Services Business Using Goldratt's Theory of Constraints. IBM Press, USA, 2007

Rivers, David. APICS Strategic management of resources reference sourcebook. Custom Pearson, 2009.

Shams-ur Rahman, (1998) 'Theory of constraints A review of the philosophy and its applications' International Journal of Operations & Production Management, Vol. 18 No. 4, pp. 336-355,

Slack, Nigel, Stuart Chambers, Robert Johnston. Operations Management. Fifth Edition. Pearson Education Ltd. 2007

Steven J. Balderstone and Victoria J. Mabin, 'A Review of Goldratt's Theory of Constraints (TOC) – lessons from the international literature'. School of Business and Public Management. Victoria University of Wellington, New Zealand.

Umble, M., Umble, E. and Murakami S., (2006) 'Implementing theory of constraints in a traditional Japanese manufacturing environment: The case of Hitachi Tool Engineering', International Journal of Production Research, 44: 10, 1863 – 1880.

Van der Merwe, Anton, (2008) 'Debating the principles -Theory of constraints'. Cost Management; Mar/Apr. 22, 2; ABI/INFORM Global pg. 26.

Watson, K. J. and Patti, A., (2008) 'A comparison of JIT and TOC buffering philosophies on system performance with unplanned machine downtime', International Journal of Production Research, 46: 7, 1869 – 1885

Wheat, Barbara. Seis Sigma Una parábola sobre el camino hacia la excelencia y una "empresa esbelta". Grupo editorial Norma, 2003

Willard I. Zangwill and Paul B. Kantor, (1998) 'Toward a Theory of Continuous Improvement and the Learning Curve'. Management Science, Vol. 44, No. 7, pp. 910-920

Wilson, Lonnie. How to Implement Lean Manufacturing, McGraw-Hill, 2010.

Zandin B. Kjell. Maynard Manual del ingeniero industrial, 5ª ed. McGraw Hill, 2009