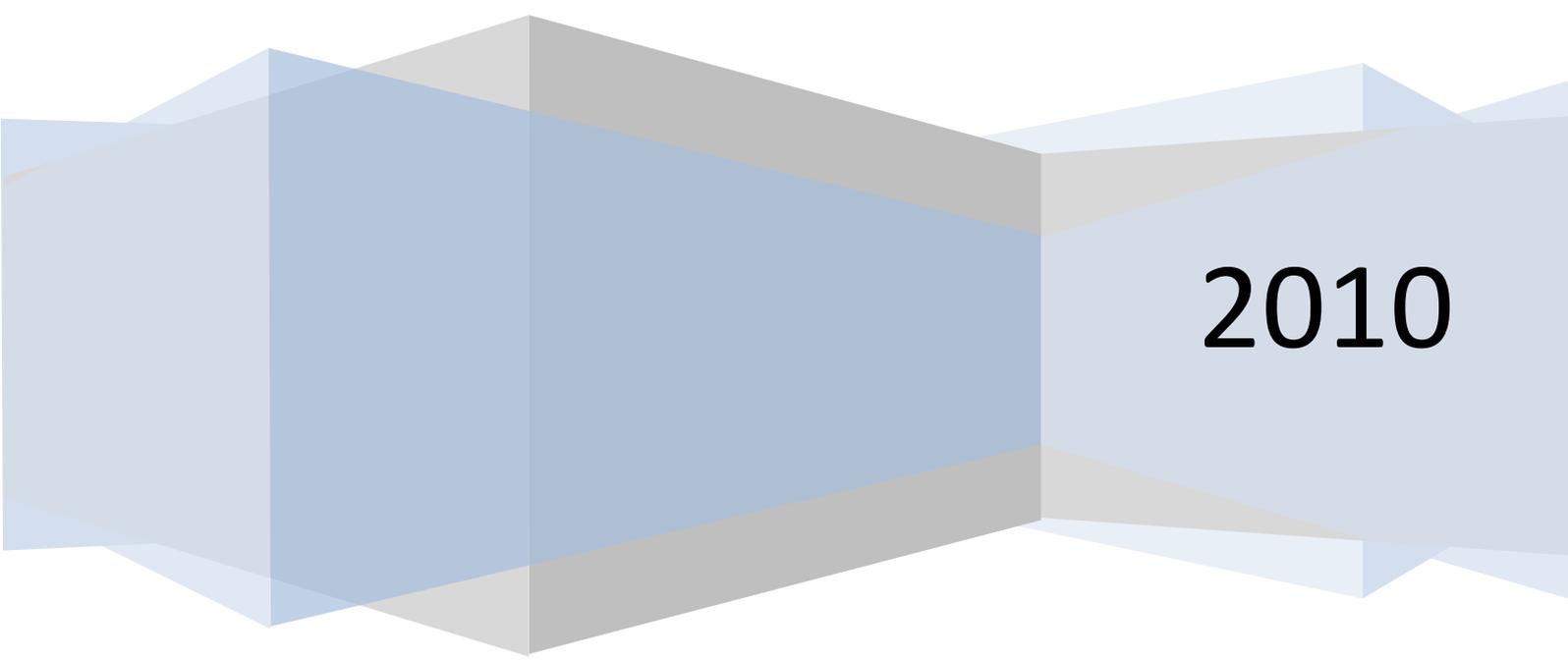


UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

**DISEÑO DE LA SOLUCIÓN DE
OPERACIONES BASADO EN LA
TEORÍA DE RESTRICCIONES EN
LA EMPRESA PLÁSTICOS Y
EMPAQUES CARTAGENA LTDA.**

Elkin José Guerrero – Fabián Puello Márquez

Minor de Teoría de Restricciones



2010

**DISEÑO DE LA SOLUCIÓN DE OPERACIONES BASADO EN LA TEORÍA
DE RESTRICCIONES EN LA EMPRESA PLÁSTICOS Y EMPAQUES
CARTAGENA LTDA**

ELKIN JOSÉ GUERRERO RODRÍGUEZ
FABIÁN ENRIQUE PUELLO MÁRQUEZ

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.

2010

**DISEÑO DE LA SOLUCIÓN DE OPERACIONES BASADO EN LA TEORÍA
DE RESTRICCIONES EN LA EMPRESA PLÁSTICOS Y EMPAQUES
CARTAGENA LTDA**

**ELKIN JOSÉ GUERRERO RODRÍGUEZ
FABIÁN ENRIQUE PUELLO MÁRQUEZ**

MEDARDO GONZÁLEZ CONDE
Ingeniero Industrial

Monografía presentada como requisito para optar al título de Ingeniero
Industrial

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.**

2010

Cartagena de Indias, D. T. y C., Noviembre de 2009

Señores:

COMITÉ DE EVALUACIÓN

PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

Ciudad

Apreciados Señores:

Por medio de la presente me permito someter a su consideración la monografía titulada “**DISEÑO DE LA SOLUCIÓN DE OPERACIONES BASADO EN LA TEORÍA DE RESTRICCIONES EN LA EMPRESA PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA**”, realizada por los estudiantes **ELKIN JOSÉ GUERRERO RODRÍGUEZ** y **FABIÁN ENRIQUE PUELLO MÁRQUEZ** para optar al título Ingeniero Industrial, en la que me desempeñé cumpliendo la función de director del proyecto.

Atentamente,

Ing. MEDARDO GONZÁLEZ CONDE

Cartagena de Indias, D. T. y C., Noviembre de 2009

Señores:

COMITÉ CURRICULAR DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS

Programa de Ingeniería Industrial

Facultad de Ingeniería

Universidad Tecnológica de Bolívar

Ciudad

Por medio de la presente, sometemos a su consideración la monografía titulada **“DISEÑO DE LA SOLUCIÓN DE OPERACIONES BASADO EN LA TEORÍA DE RESTRICCIONES EN LA EMPRESA PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA”**, para optar al título de Ingeniero Industrial.

Agradecemos su atención,

En espera de su pronta y positiva respuesta

Atentamente,

ELKIN JOSÉ GUERRERO

FABIÁN PUELLO MÁRQUEZ

Cartagena de Indias, D. T. y C., Noviembre de 2009

Señores:

COMITÉ CURRICULAR DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS

Programa de Ingeniería Industrial

Facultad de Ingeniería

Universidad Tecnológica de Bolívar

Ciudad

Apreciados señores,

Por medio de la presente les informamos que los estudiantes **ELKIN JOSÉ GUERRERO RODRÍGUEZ** y **FABIÁN ENRIQUE PUELLO MÁRQUEZ**, desarrollaron en nuestra compañía, su proyecto de grado denominado **“DISEÑO DE LA SOLUCIÓN DE OPERACIONES BASADO EN LA TEORÍA DE RESTRICCIONES EN LA EMPRESA PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA”**, del cual estamos muy satisfechos y agradecidos por todas aquellas propuestas realizadas.

Cordialmente.

DAN JOSÉ HERNÁNDEZ VILLALOBOS

A DIOS, por sus bendiciones y quien es mi principal guía en la consecución de mis objetivos.

A mis padres y hermana por su verdadero apoyo incondicional durante toda mi vida y mi carrera como profesional.

A mi hermosa Hija Keissy Caroline, por marcar una diferencia en mi vida y hacerme ver este mundo lleno de amor y de paz.

A todo el personal de la empresa Plásticos y Empaques Cartagena Ltda., en especial la parte gerencial, por su colaboración en la realización de este proyecto de grado.

A todos mis compañeros del MINOR “Teoría de Restricciones”, con quienes compartí momentos inolvidables y lo más importante intelectuales.

A todos los profesores de la Universidad Tecnológica de Bolívar, en especial a los que hicieron parte del MINOR “Teoría de Restricciones”, Luis Morales, Fabián Gazabón, Jaime Acevedo, Jaime Marún, Gustavo Royet y Medardo González, por ser persistentes y compartir todos sus conocimientos.

En especial a nuestro director de monografía Ingeniero Medardo González Conde, quien compartió todos sus conocimientos en teoría de restricciones.

A todas las personas que de alguna u otra manera han sido parte de mi vida y han aportado su grano de arena en la consecución de mis objetivos.

Mis más honestos y sinceros sentidos de agradecimientos.

Elkin José Guerrero Rodríguez.

A DIOS, por su amor y bendiciones, quien fue mi ayudador principal para alcanzar mis metas, por lo consiguiente la gloria sea para él.

A mi madre, abuela hermana y familia por su verdadero apoyo incondicional y mucho amor durante toda mi vida y mi carrera como profesional mis más profundo Agradecimiento va para mi familia, Sin su apoyo, colaboración habría sido imposible llevar a cabo esta monografía.

A mi hermosa Novia Ángela Quintero, por darme fuerzas en los momentos más duros, a sus consejos y apoyo durante mi carrera y hacerme ver la vida lleno de amor y de paz.

A todo el personal de la empresa Plásticos y Empaques Cartagena Ltda., en especial la parte gerencial, por su colaboración en la realización de este proyecto de grado.

A todos mis compañeros del MINOR “Teoría de Restricciones”, por su colaboración en los momentos más importantes, y por el compañerismo entre nosotros.

A todos los profesores de la Universidad Tecnológica de Bolívar, en especial a los que hicieron parte del MINOR “Teoría de Restricciones”, Luis Morales, Jaime Acevedo, Fabián Gazabón, Jaime Marún, Gustavo Royet y Medardo González, por transmitir todos sus conocimientos con mucha calidad.

En especial a nuestro director de monografía Ingeniero Medardo González Conde, por su interés, gestión y apoyo permanece al desarrollo de este minor y también agradecerle por compartir, en una forma incondicional todos sus conocimientos en teoría de restricciones en una forma clara y eficaz.

A todas las personas que de alguna u otra manera han sido parte de mi vida y han hecho parte en nuestra formación profesional y personal como persona de bien, para nuestro país y sociedad.

Mis más sinceros sentidos de agradecimientos.

Fabián Enrique Puello Márquez

Nota de Aceptación

Presidente de Jurado

Jurado

Jurado

CONTENIDO

	PAG.
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
JUSTIFICACIÓN	4
1. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO DEL PROBLEMA	6
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.2 PREGUNTAS PROBLEMAS DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.3 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	7
1.4 DISEÑO METODOLÓGICO.....	8
1.5 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DESARROLLADA.....	8
1.5.1 POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN	8
1.5.2 TÉCNICAS DE RECOPIACIÓN DE DATOS.....	9
2. PLANTEAMIENTO TEÓRICO DEL PROBLEMA	11
2.1 ANTECEDENTES DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES.....	11
2.2 OPERACIONES BAJO EL ENFOQUE DE TEORÍA DE RESTRICCIONES	12
2.2.1 TAC (TAMBOR – AMORTIGUADOR – CUERDA).....	13
2.2.2 BASES DEL MODELO BDR.....	14
2.2.3 ETAPAS DEL MODELO DBR	15
2.2.4 INDICADORES DEL TOC	17
2.3 GENERALIDADES DE LA EMPRESA PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA	18
2.3.1 RESEÑA HISTÓRICA	18
2.3.2 ¿A QUÉ SE DEDICA PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA?	19
2.3.3 LÍNEA DE PRODUCTOS	19
2.3.4 MISIÓN Y VISIÓN.....	20
2.3.5 PROVEEDORES DE MATERIALES E INSUMOS	20
2.3.6 CLIENTES	21
3. APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES EN LA EMPRESA PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA.	23
3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO	23

3.2 IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE OPERACIÓN EN LA EMPRESA PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA.	24
3.3 ENFOQUE SISTÉMICO ACTUAL DE LA EMPRESA PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA	27
3.3.1 ¿QUÉ CAMBIAR?	27
3.3.2 ¿HACIA QUÉ CAMBIAR?	37
3.3.3 ¿CÓMO INDUCIR EL CAMBIO?.....	44
3.4 PLAN DE ACCIÓN DE LAS OPERACIONES DE LA EMPRESA PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA	44
3.4.1 IDENTIFICAR LA RESTRICCIÓN DEL SISTEMA EN LA EMPRESA PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA.....	46
3.4.2 EXPRIMIR O EXPLOTAR LA RESTRICCIÓN AL MÁXIMO.....	51
3.4.3 SUBORDINAR TODO LO DEMÁS CON LA RESTRICCIÓN DEL SISTEMA	52
3.4.3.1 EJEMPLO ILUSTRATIVO DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA S-DBR – PLASTEMPAC®.....	54
3.4.4 ELEVAR LA RESTRICCIÓN DEL SISTEMA.	63
CONCLUSIONES	65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69

LISTADO DE TABLAS

PAG

Tabla 1. Listado de principales materias primas con sus respectivos proveedores.....	20
Tabla 2. Tipos diferentes de bolsas fabricadas	26
Tabla 3. Indicadores de Eficiencia	29
Tabla 4. Desempeño en las entregas	31
Tabla 5. Cantidad de quejas de los clientes.....	32
Tabla 6. Cantidad dejada de facturar	47
Tabla 7. Cantidad dejada de facturar	49
Tabla 8. Resumen de Tiempos de fabricación de cada pedido (horas).....	50
Tabla 9. Resumen de los datos de capacidad real de los pedidos seleccionados.....	50

LISTADO DE FIGURAS

	PAG
Figura 1. Técnicas de recopilación de datos	9
Figura 2. Pasos a seguir en la metodología planteada	12
Figura 3. Esquema de las acciones el Sistema Tambor – Amortiguador - Cuerda.....	13
Figura 4. Esquema del sistema DBR	15
Figura 5. Etapas del modelo DBR.....	16
Figura 6. Esquema de trabajo a partir de la ética del correccaminos	17
Figura 7. Indicadores de TOC.....	17
Figura 8. Clasificación de los tipos de clientes	21
Figura 9. Niveles de inventario promedio de producto liberado para el proceso de producción	25
Figura 10. Niveles de inventario de productos en proceso en espera de ser procesados en el Proceso B (Corte)	26
Figura 11. Efectos indeseables.....	28
Figura 12. Indicadores de Eficiencia	30
Figura 13. Niveles de inventario al iniciar cada proceso.....	32
Figura 14. Cantidad de quejas de los clientes.....	33
Figura 15. Árbol de la Realidad Actual de Plásticos y Empaques Cartagena Ltda.	34
Figura 16. Punto de vista de la empresa Plásticos y Empaques Cartagena Ltda.....	36
Figura 17. Solución del conflicto	41
Figura 18. Árbol de la Realidad Futura de Plásticos y Empaques Cartagena Ltda.....	43
Figura 19. Composición porcentual de la mezcla de productos	47
Figura 20. Niveles de inventario de productos en proceso en espera de ser procesados en el Proceso B (Corte)	49
Figura 21. Capacidad de los procesos de la empresa	50

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, los retos a los que se enfrentan las empresas no son los mismos de hace algunas décadas; esto es debido a que cada día vivimos en un mundo cada vez más globalizado y en donde las barreras son cada vez más débiles, y se cuentan con mejores herramientas para atravesarlas.

Es por esto, que las empresas deben innovar y deben estar a la vanguardia de los nuevos tiempos, nutriéndose cada día de los adelantos de la ciencia y la ingeniería, para poder sobrevivir y crecer en un entorno cada día más competitivo, por lo que se decidió realizar un proyecto con el objetivo principal de lograr un impacto en los resultados globales de la compañía bajo estudio, pues es necesario que esta no sólo sobreviva sino que crezca cada día más, y aumente el valor que tiene para todos sus mercados objetivos (accionistas, trabajadores, clientes y sociedad).

En esta investigación se pretende principalmente mejorar los indicadores globales de la compañía, así como aumentar el flujo de producción de la planta de Plásticos y Empaque Cartagena Ltda, a través del diseño de la solución de operaciones por medio de las herramientas, los principios y la metodología de la teoría de Restricciones.

Inicialmente se hace el planteamiento metodológico del problema en donde se muestra de manera general, la problemática actual de la compañía, se establecen los límites de la investigación, se muestra el diseño metodológico, así como las técnicas de recopilación de datos.

Como segundo apartado se hace el planteamiento teorice del problema, tomando como base los lineamientos de la teoría de Restricciones, explicando de ésta cada uno de los pasos que se deben seguir, haciendo énfasis en la solución de operaciones y específicamente la aplicación del Modelo TAC (DBR). En dicho planteamiento también se exponen las generalidades de la

empresa, partiendo de su reseña histórica, pasando por sus líneas de productos, sus principales proveedores y clientes, para que esto brinde una idea general de cómo es la empresa y cómo es su modelo de gestión actual de las operaciones, lo que permitirá realizar un diagnóstico de la situación actual de la empresa para analizar su situación actual.

Finalmente, se analiza y se da a conocer la manera actual cómo se maneja el sistema de operaciones de la empresa Plásticos y Empaques, lo cual brindará una idea bastante clara y un panorama sobre dónde comenzar la aplicación de la metodología de Teoría de Restricciones, partiendo de la descripción del proceso productivo, identificando de esta manera los recursos asociados a los procesos (maquinarias, equipos y recursos humanos)

Todo se hará con base en el esquema de pensamiento de Goldratt, a partir de: ¿Qué cambiar?, ¿Hacia qué cambiar? y ¿Cómo inducir el cambio?, para finalmente mostrar el plan de acción de las operaciones en la empresa, basados en los 5 pasos de focalización de Goldratt: Identificar la restricción, Explotar la restricción, Subordinar la restricción y Elevar la restricción

Lo anterior, permitirá identificar cuál es el cuello de botella, el cual es el que restringe la producción de la planta, con el fin de desarrollar un nuevo diseño de solución de operaciones por medio de la Teoría de restricciones (TOC); y permitirá definir las prioridades de los pedidos de la empresa, para evitar la congestión en el flujo de producción del sistema, logrando así diseñar un sistema Tambor, Amortiguador, Cuerda, con el propósito de mejorar los indicadores globales de la compañía.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar la solución de operaciones por medio de herramientas de la Teoría de Restricciones (TOC) para mejorar el desempeño en las entregas de la compañía PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un diagnóstico de la situación actual de la empresa PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA, para ANALIZAR SU ESTADO ACTUAL.
- Analizar y conocer detalladamente cómo manejan el sistema de operaciones en la empresa PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA., para poder tener ideas claras dónde comenzar a mejorar por medio de las herramientas de TOC.
- Identificar cuál es el cuello de botella de la empresa PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA., con el fin de desarrollar un nuevo diseño de solución de operaciones por medio de la Teoría de restricciones (TOC).
- Definir las prioridades de los pedidos de la empresa PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA., para evitar la congestión en el flujo de producción del sistema.
- Diseñar un sistema Tambor, Amortiguador, Cuerda en la empresa PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA., con el propósito de mejorar la labor de planeación y programación de la producción.

JUSTIFICACIÓN

Para garantizar que la empresa satisfaga en su totalidad la necesidad de los clientes de recibir sus pedidos en la fecha acordada y a su vez incrementar el flujo de entrada de dinero por medio de una nueva estrategia de producción, la implementación de una nueva metodología debe ser desarrollada dentro del plan de producción de la empresa, o más bien dentro de las operaciones de la empresa Plásticos y Empaques Cartagena Ltda.

La entrega a tiempo de todos los pedidos es la necesidad prioritaria de la empresa PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA. Esto ayudará a que la organización sea más competitiva y rentable en el mercado en el que se encuentra, considerando la alta competencia que existe en la ciudad de Cartagena en el sector de plásticos.

Se propone la Teoría de Restricciones como metodología para la planeación de la producción, pues esta es un esquema de mejoramiento sencillo y cuyo nivel de complejidad es relativamente bajo en comparación con otras metodologías, debido a que está basada en la lógica común presente en todos los seres humanos puede ser entendida por cualquier nivel jerárquico dentro de las organizaciones, logrando obtener resultados en tiempos más cortos.

Por esta razón se realizará la monografía, con el propósito de diseñar una solución de operaciones basada en Teoría de Restricciones (TOC) planteando un nuevo plan de producción usando la herramienta Tambor, Amortiguador, Cuerda para mejorar el desempeño en las entregas y los indicadores globales.

1. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO DEL PROBLEMA



1. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA., es una empresa que se dedica a la producción y distribución de bolsas plásticas de excelente calidad y diferentes presentaciones que varían de acuerdo a los requerimientos del cliente (tamaño, color, calibre, peso), éstos se encuentran en Cartagena y el interior del país.

La problemática que enfrenta la empresa PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA., en el desarrollo de sus actividades y operaciones, se evidencian en los siguientes signos y síntomas:

- ✓ Las entregas que realiza las hacen atrasadas.
- ✓ Existe exceso de inventario de productos en procesos y terminados (Paquetes de bolsas plásticas).
- ✓ Desabastecimiento de referencias.
- ✓ Existencia de altos niveles de rollos tubulares x procesar.

Estos signos y síntomas se pudieron evidenciar gracias a la observación directa de los autores y además de las entrevistas no estructuradas que se realizaron con el gerente de la empresa Sr. Dan José Hernández Villalobos, y la cuantificación de los mismos se muestra en el Capítulo 3 de la presente monografía.

1.2 PREGUNTAS PROBLEMAS DE LA INVESTIGACIÓN

De toda la información anteriormente descrita y detallada se invita a los directivos de la organización a formularse la siguiente pregunta problema:

¿Qué elementos o partes del sistema de producción de la empresa PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA deben articularse o sincronizarse para desarrollar un plan de operaciones bajo el enfoque de Teoría de Restricciones (TOC)?

De la anterior pregunta problema surgen algunas sub-preguntas, que se describen a continuación:

¿Cuál es el elemento restrictivo que impide que el sistema de operaciones de la empresa PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA genere más dinero?

¿Qué niveles de inventario de producto en procesos debe mantener la empresa PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA, para sincronizar la producción de ésta?

¿Cómo se deberían asignar las prioridades de las órdenes de fabricación para sincronizar el flujo de producción?

1.3 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación que se va a realizar tiene una serie de limitaciones, las cuales pueden ser de tipo espacial, de tiempo y social. En cuanto a las limitaciones espaciales, este proyecto se desarrollará en la empresa Plásticos y Empaques Cartagena Ltda., y comprende el diagnóstico actual de la empresa, desde que ella adquiere su materia prima hasta que el producto está listo para la venta.

La investigación tomará en cuenta al gerente, operarios, trabajadores y demás empleados vinculados de alguna manera a la empresa Plásticos y Empaques Cartagena Ltda.; también se tendrá en cuenta expertos académicos y profesionales del tema de la Teoría de Restricciones, y la importancia de la aplicación de TOC en una empresa manufacturera.

1.4 DISEÑO METODOLÓGICO

Esta investigación es de tipo *aplicada*, ya que se describe la situación actual de la empresa y especialmente la parte de operaciones, y se explica la forma como el proceso de planeación y programación de la producción puede ser mejorado a través de la aplicación de la Teoría de Restricciones a este proceso.

1.5 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DESARROLLADA

En este trabajo de investigación, en primer lugar se identifica la situación actual de la empresa Plásticos y Empaques Cartagena Ltda., con base a ésta, se desprenden los diferentes problemas que se presentan en ella, igualmente se le ha propuesto solución a las operaciones a través de preguntas e hipótesis, asimismo se han propuesto los objetivos de la investigación, estableciendo una relación directa entre estos tres elementos metodológicos.

Luego de haber realizado la investigación, se ha contrastado los objetivos específicos con el desarrollo del trabajo y con el objetivo general lo que ha permitido consolidarlos en la investigación. Estos mismos objetivos sirvieron para emitir un juicio final o las conclusiones de la investigación.

Finalmente, se ha establecido una interrelación entre el objetivo general y la conclusión general para llegar a contrastar la hipótesis general de la investigación, sobre la base del planteamiento metodológico y teórico.

1.5.1 Población y muestra de la Investigación

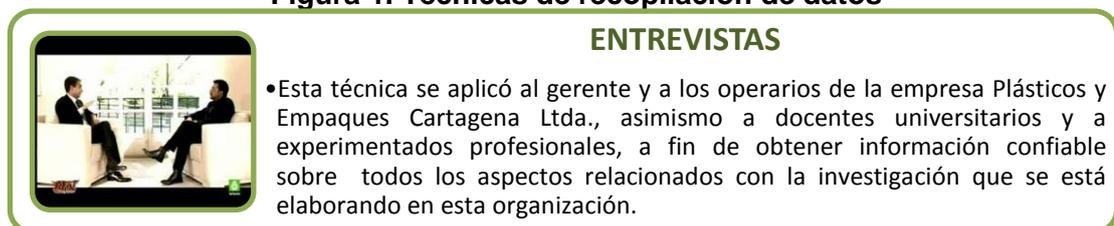
La investigación tuvo en cuenta la opinión y los comentarios del Gerente General, y algunos operarios que trabajan directa o indirectamente en la empresa, experto académico y experto profesional del tema, quienes servirán de apoyo y facilitarán toda la información necesaria para validar la

investigación, esto es realizado con el fin de tener una excelente calidad de la información suministrada por todos los personas de la muestra.

1.5.2 Técnicas De Recopilación De Datos

La principal técnica de recolección de datos los constituyó la entrevista no estructurada, en dónde a partir de esta se obtenía la evidencia verbal de los entrevistados y a su vez estos proporcionaban los datos en medio magnético o físico, los cuales soportaban lo dialogado.

Figura 1. Técnicas de recopilación de datos

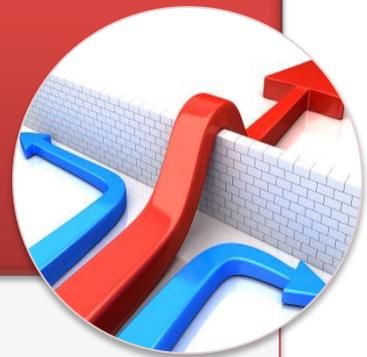


Fuente: Elaboración propia

También cabe anotar que dentro de esta investigación, los datos que se requieren serán recolectados a partir de la observación directa que se le realizará a cada parte del sistema de operaciones de la empresa Plásticos y Empaques Cartagena Ltda., asimismo se necesita la disponibilidad suficiente por parte de todo el personal de la planta para conocer el estado en que se encuentran las operaciones que hacen parte de esta investigación.

En las primeras entrevistas, los miembros de la empresa manifestaron que existe una serie de problemas en la empresa que están conllevado a la perdida de los clientes, y a cada día mayor insatisfacciones con los mismo con los retrasos en los tiempos de entrega, por lo que resulta necesario realizar cambios en la estructura estratégica de la empresa para sobrevivir en el mercado y aumentar el valor de la empresa para todos sus accionistas, empleados, clientes y sociedad.

2. PLANTEAMIENTO TEORICO DEL PROBLEMA



2. PLANTEAMIENTO TEÓRICO DEL PROBLEMA

2.1 ANTECEDENTES DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES

La Teoría de restricciones fue usada por primera vez por su creador Eliyahu Goldratt a principios de los años 80 y desde entonces ha sido una metodología usada por muchas empresas para el aumento de su productividad mediante la disminución de los niveles de inventarios, disminución de los gastos de operación y aumento del Troughput¹.

TOC es un proceso de mejora continua basado en el principio de las pocas causales, donde pocas causas conllevan a la mayoría de los problemas de la empresa. Estas causas son definidas como las restricciones del sistema, que hacen que el flujo de proceso se mueva a la velocidad del elemento más lento.

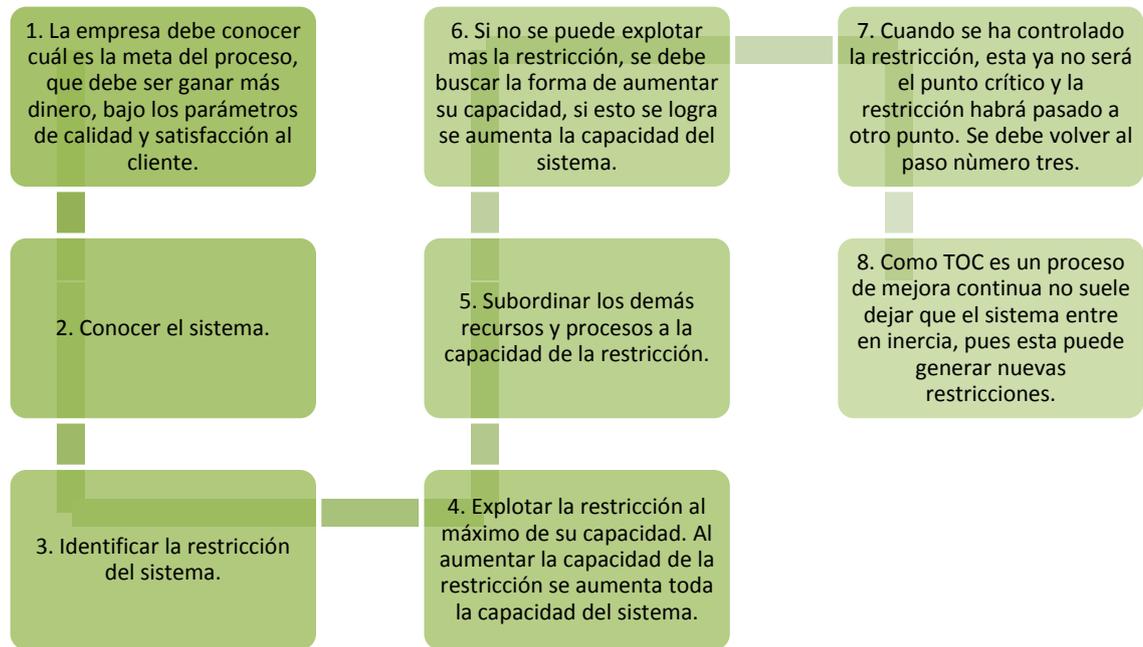
Las restricciones son limitaciones que se presentan en todo entorno empresarial, ya sea en maquinas, políticas, en la demanda del mercado, personas, capacidad del sistema, logística, etc. Según Eliyahu Goldratt, si estas no existieran, las empresas generarían utilidades ilimitadas.

El objetivo principal de toda empresa es ganar dinero y el único impedimento que se presenta es la restricción; TOC ataca este punto crítico del sistema, de tal forma que todo quede en función de ésta, lo cual permite que los procesos se lleven de una manera mucho más confiable.

Para lograr implementar un proceso de mejora continua dentro de un entorno empresarial es necesario seguir una secuencia de pasos, donde se identificará un problema(s) y se buscará la respectiva solución. La metodología para seguir estos pasos, se muestra en la figura 2:

¹ ESCALONA, Iván. Teoría de Restricciones (TOC – Theory of Constraints) [En línea] 2009 <http://www.monografias.com/trabajos14/restricciones/restricciones.shtml>

Figura 2. Pasos a seguir en la metodología planteada



Fuente: Autores del Proyecto

2.2 OPERACIONES BAJO EL ENFOQUE DE TEORÍA DE RESTRICCIONES

Las operaciones bajo la Teoría de Restricciones es un concepto de amplio rango para administrar y controlar los procesos manufactureros, que está formado por un grupo de principios, procedimientos y técnicas congruentes, con los cuales se evalúa cada acción en términos de la meta general de la empresa.

Los empresarios entienden lo complicado que es mantener el flujo de producción sincronizado con la demanda del mercado, esto se debe a dos fenómenos básicos de la manufactura que intervienen en la interacción de los recursos y los productos.

El primer fenómeno son los acontecimientos dependientes e interacciones, esto significa que existen actividades que no pueden ser realizadas hasta que otra termine. El segundo fenómeno es la ocurrencia de fluctuaciones estadísticas y

acontecimientos aleatorios, esto quiere decir que en los procesos de manufactura existe la variabilidad y están expuestos a toda clase de acontecimientos que pueden afectar la producción; un ejemplo de variabilidad son los cambios en la demanda del mercado y un ejemplo de un acontecimiento aleatorio es el daño inesperado de una máquina.

Los principios de las operaciones nos dan una idea clara de la forma de cómo se debe manejar y controlar la producción, concentrándose en atacar eficientemente la restricción, pues se entiende que ésta es la clave para aumentar el flujo de dinero de la empresa.

2.2.1 TAC (Tambor – Amortiguador – Cuerda)

Por sus siglas en español y en inglés se podría encontrar con las siglas DBR (DRUM, BUFFER, ROPE)². Este, es un proceso iterativo, que podríamos describir en forma simple en la figura 3.

Figura 3. Esquema de las acciones el Sistema Tambor – Amortiguador - Cuerda



Fuente: Autores del Proyecto

² GOLDRATT, Eliyahu. Conferencia “La Estrategia” [online] 2008. Disponible en www.toc-goldratt.com/index_tv.php?cont=647&p=3&v=60

Cabe destacar que no se programa toda la planta, sino sólo los puntos críticos mínimos que asegurarán el control del sistema. Esta forma de proceder tiene varias ventajas, entre ellas:

- ✓ Se reduce significativamente el tiempo de programación de las operaciones sin perder el control.
- ✓ Se minimiza la probabilidad de reprogramaciones porque se minimiza la transmisión de las fluctuaciones aleatorias.

2.2.2 Bases del modelo BDR

En todas las plantas hay algunos recursos con capacidad restringida. El método DBR reconoce que dicha restricción dictará la velocidad de producción de toda la planta. El principal recurso con restricción de capacidad será tratado como "el tambor" que es el que marcará la velocidad de producción de toda la planta. También se necesitará establecer " un amortiguador " de inventario frente al factor limitativo.

Este amortiguador protegerá a la restricción de la planta de cualquier perturbación que se produzca en los factores no cuellos de botella. Y finalmente, para asegurarse que el inventario no crezca más allá del nivel dictado por el amortiguador, deberá limitarse la velocidad a la cual se liberan materiales a la planta.

Debe amarrarse "una cuerda" desde el cuello de botella a la primera operación; en otras palabras la velocidad a la cual se liberaran materiales a la planta será gobernada por la velocidad a la cual está produciendo el cuello de botella. Se puede también tener un significado más claro de Tambor, Amortiguador y Cuerda en la figura 4.

Figura 4. Esquema del sistema DBR



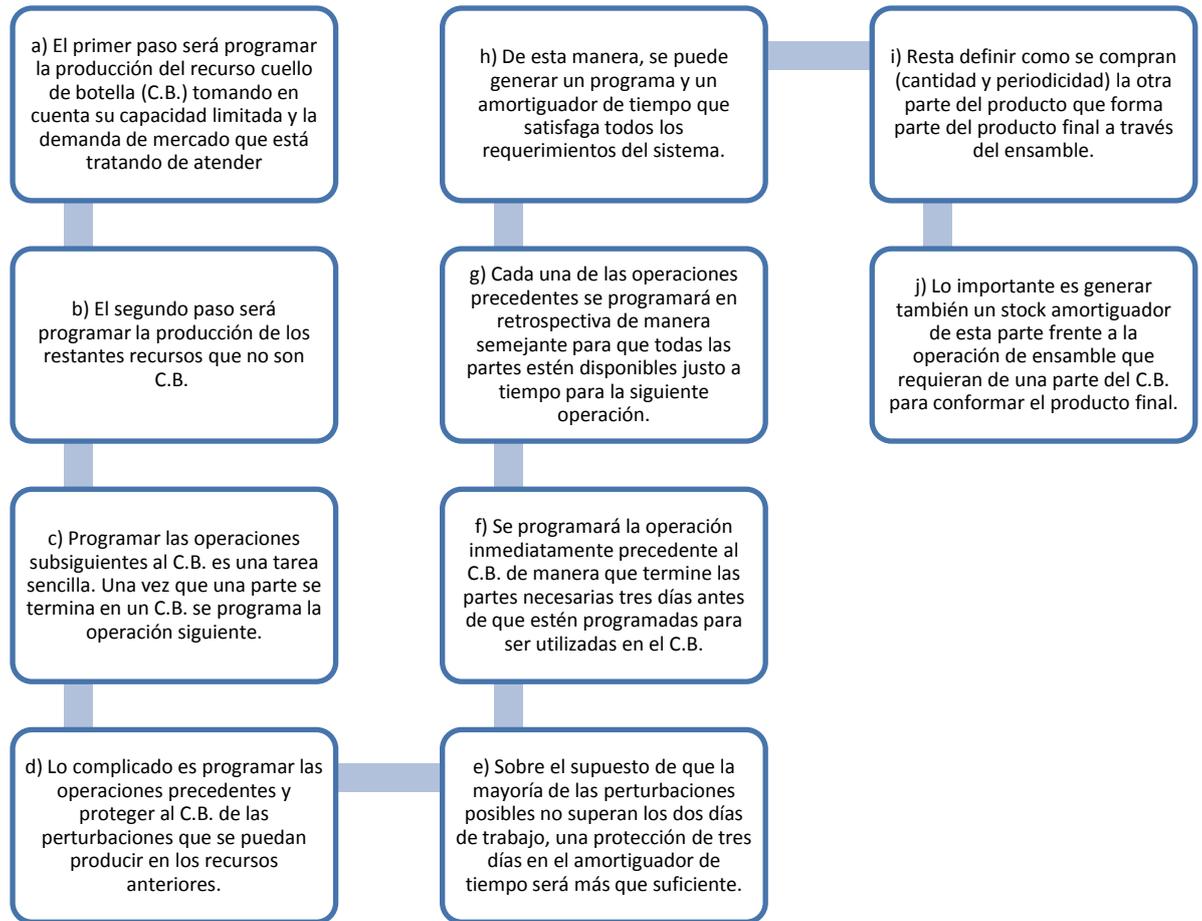
Fuente: Autores del Proyecto

El tamaño del amortiguador depende de la capacidad de la restricción y de la frecuencia con la que se presentan anomalías en el sistema. Existen dos tipos de amortiguadores, de tiempo y de existencias. Los amortiguadores de tiempo son usados para suplir la carencia de productos cuando se trabaja bajo pedidos y los amortiguadores de existencia son usados para suplir la carencia de productos cuando se trabaja bajo inventario.

2.2.3 Etapas del modelo DBR

Supuesto: Una parte del producto pasa por varias máquinas y sólo una es cuello de botella. Y esta parte se ensambla con otra que se adquiere directamente a un tercero formando el producto final.

Figura 5. Etapas del modelo DBR

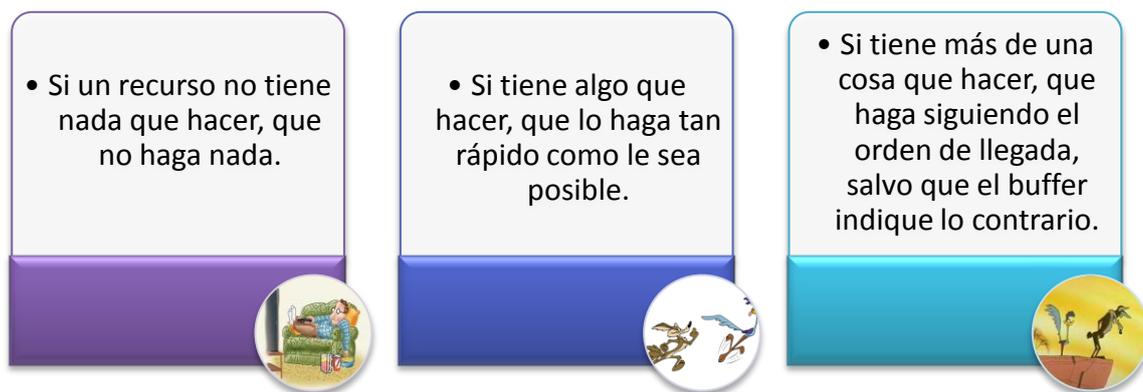


Fuente: Autores del Proyecto

Adicionalmente, se propone la *regla del correcaminos*³, y se debe instruir a todos para que funcionen según la regla del CORRECAMINOS, esto se muestra en la figura 6.

³ DEBERNARDO, Héctor. El enfoque de la Teoría de las Restricciones y el Drum-Buffer-Rope para la Manufactura. (2009). [En línea]. Disponible en <http://www.cimatic.com.ar/toc/boletin/boletin.asp?Numero=10>

Figura 6. Esquema de trabajo a partir de la ética del correccaminos

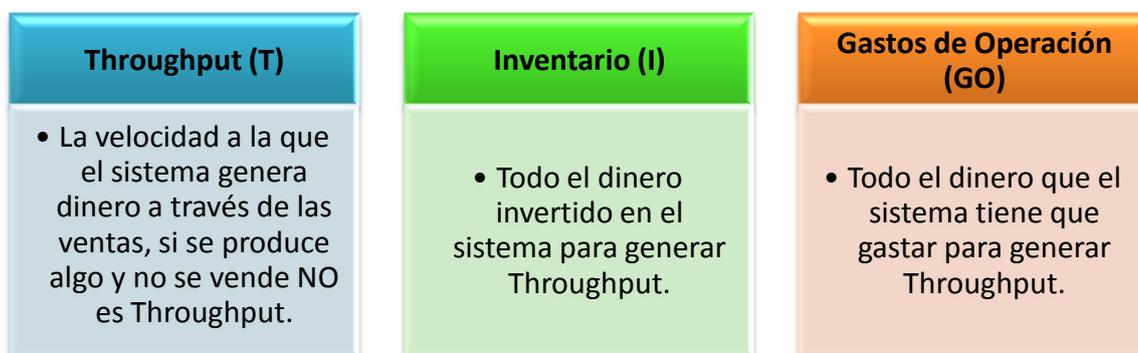


Fuente: Autores del Proyecto

2.2.4 Indicadores Del TOC⁴.

TOC propone los siguientes indicadores que son fundamentales para evaluar el impacto de cualquier acción en relación con la meta de la empresa. Estos indicadores se muestran en la figura 7:

Figura 7. Indicadores de TOC



Fuente: Autores del Proyecto

De los tres indicadores, TOC otorga la mayor importancia al Throughput, a diferencia de la gestión clásica basada en los costos, que coloca en primer lugar a los Gastos de Operación.

⁴ GONZÁLEZ GÓMEZ, José Arturo. Desarrollo de una metodología de implementación de los conceptos de TOC (Teoría de restricciones) para empresas colombianas. Cali. 2003, 30 p. Tesis de Grado (Ingeniero Industrial) ICESI Facultad de Ingeniería Industrial.

Estos tres parámetros se relacionan con los clásicos indicadores financieros, de la siguiente manera:

Utilidad Neta (UN) = (T – GO) Es la suma de todo el Throughput generado por mes menos los Gastos Operativos del mes.

Rendimiento sobre la Inversión (ROI) = (T - GO)/I es la división de la utilidad del mes o año entre el inventario.

Estos indicadores deben ser vistos como un conjunto y no como óptimos locales, es decir, cada vez que se quiera cuantificar la variación que sufrirá uno de estos indicadores debe visualizarse el impacto que el mismo tendrá en los otros Indicadores de Operación.

2.3 GENERALIDADES DE LA EMPRESA PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA

2.3.1 Reseña Histórica⁵

La empresa PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA., fue fundada en la ciudad de Cartagena (Bolívar) el 27 de septiembre del año 2001 por el Señor Dan José Hernández Villalobos. En el año de 1980 ésta no tenía este nombre sino que tenía el nombre de PLÁSTICOS NACIONAL LTDA, a propiedad del señor Rodolfo De Ávila la cual contaba con una maquina extrusora de plástico y una selladora manual.

Posteriormente fue vendida al señor Dan José Hernández en el año 2001 este último fue el que le cambió la razón social a la empresa, además encontró en la ciudad un mercado más competitivo donde se pudieran exponer sus productos para alcanzar un mejor posicionamiento como sociedad y mayores utilidades, se adicionaron 3 selladoras automáticas para bolsas de sello lateral, una

⁵ Información suministrada por el señor Dan José Hernández Villalobos, Gerente de la empresa PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA.

maquina selladora de bolsas de manigueta, una extrusora de plásticos con tecnología de punta y una troqueladora.

Actualmente la empresa cuenta con 10 empleados capacitados para la producción de bolsas plásticas. Actualmente, PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA., cuenta con una sede ubicada en la ciudad de Cartagena en el Barrio El Bosque Transversal 41 # 21-68 sector industrial.

2.3.2 ¿A qué se dedica Plásticos y Empaques Cartagena Ltda?

PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA., se dedica a la fabricación y distribución de bolsas plásticas a clientes locales y nacionales; dentro de esta planta se produce una gran cantidad de productos en diferentes presentaciones (Tamaño, color, calibre, peso) que cambian de acuerdo a las necesidades del cliente. Las necesidades del cliente varían dependiendo del campo en el cual estos se desempeñan obedeciendo al comportamiento en términos de compras de las diferentes zonas de la ciudad.

A partir de esto, PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA, adopta tecnologías y coloca a disposición de sus colaboradores los recursos necesarios que satisfagan la demanda de los diferentes clientes y consumidores que se encuentran en el ámbito local y nacional.

2.3.3 Línea De Productos

PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA., se dedica a la fabricación y distribución de rollos y bolsas plásticas de excelente calidad a clientes locales y nacionales.

Dentro de esta planta se produce una gran cantidad de productos en diferentes presentaciones (Tamaño, color, calibre, peso), por ejemplo en tamaños de 24"x30", 15"x35, 30"x50" etc., diferentes calibres como 1.5, 2.4, 3.0 micras, etc., y en colores diferentes como amarillo, blanco, rojo, azul, negro, naranja etc., que cambian de acuerdo a las necesidades del cliente. Las necesidades

del cliente varían dependiendo del campo en el cual estos se desempeñan obedeciendo al comportamiento en términos de compras de las diferentes zonas de la ciudad.

2.3.4 Misión Y Visión⁶

MISIÓN

PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA., ha sido fundada para proporcionar servicios de alta calidad acorde con las necesidades de los clientes, ofreciendo calidad en nuestros productos, mediante el compromiso ético con el manejo de todos los recursos adecuadamente.

VISIÓN

Nos vemos en el 2010 como una organización de servicio de fabricación de rollos tubulares y bolsas plásticas de polietileno de alta y baja densidad confiable, cumpliendo la promesa básica de calidad, rentable, basada en la ética, excelencia y profesionalismo.

2.3.5 Proveedores de Materiales e Insumos

Son muchos los proveedores de Plásticos y Empaques Cartagena Ltda., pero a continuación se detalla una lista de los más, estos son:

Tabla 1. Listado de principales materias primas con sus respectivos proveedores

PRINCIPALES MATERIAS PRIMAS	PROVEEDORES
Polietileno de alta y baja densidad	Las empresas Redecar Ltda., Reciclaje Cartagena, C. I. Química Comercial Andina S.A. y Reciplástico son las encargadas de distribuirlo y se encuentran en la ciudad.
Máster Bach	Esta materia prima es distribuida por la empresa Máster Andina, y por Resistencia Rodehr ubicadas en el interior del país.
Aditivo Slis	Lo adquieren a través de las empresas Carmaplast e Indesea Polímeros, estas empresas se encuentran en el interior del país.

Fuente: Autores del Proyecto

⁶ Información suministrada por el señor Dan José Hernández Villalobos, Gerente de la Empresa PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA.

2.3.6 Clientes

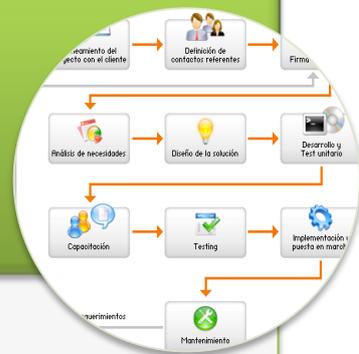
La empresa Plásticos y Empaques Cartagena Ltda., no tiene establecido exactamente cuántos clientes poseen, ellos realizan un estimado que en promedio se benefician de 185 clientes. De los cuales si tienen establecidos tres tipos de clientes en el mercado, los cuales se muestran en la figura 8.

Figura 8. Clasificación de los tipos de clientes



Fuente: Autores del Proyecto

3. APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES EN LA EMPRESA PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA



3. APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES EN LA EMPRESA PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA.

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

Luego de haber recibido los pedidos, la empresa cuantifica sus necesidades de materias primas, es decir, establece si posee los materiales e insumos necesarios, en caso de no poseerlos hace órdenes de pedido a sus proveedores, y estos envían las materias primas e insumos.

El proceso comienza básicamente, desde que el proveedor descarga toda la materia prima en el área de almacenamiento de la empresa, ésta viene en bultos de 20, 25 y 30 kilogramos de polietileno dependiendo del pedido que haya realizado el gerente de producción, con cada bulto descargado entrega una factura donde consta el peso, las especificaciones de calidad, y el número total de bultos entregados. El recepcionista o bodeguero inspecciona y revisa cuidadosamente cada uno de los bultos entregados por el proveedor y selecciona varios al azar para efectos de revisión de la calidad, y que cumpla con las especificaciones requeridas.

Después de que la materia prima se encuentra en el almacén, es llevado a la máquina extrusora allí es depositado en unos baldes o tolvas, la cual se encarga de someter la materia prima a altas temperaturas que oscilan entre 150°C y 300°C el cual pasa de un estado sólido a un estado blando y pastoso, éstas a su vez son mezcladas con una serie de pigmentos dar pigmentación del color deseado con máster Bach, además se le incorpora el aditivo slis, para que el polietileno se vuelva un poco más manejable para la máquina. Esta mezcla pasa por unos moldes en forma de globo, y con la acción de aire en su salida se forma el rollo de bolsa plástica el cual es embobinado.

Luego del proceso de extrusión, las bolsas plásticas son cortadas según las dimensiones que ellos estén realizando, seguidamente pasa a las máquinas

selladoras, la cual toma las bolsas plásticas y comienzan a realizar el proceso de sellado, el cual consiste en un procedimiento muy sencillo que hace que las bolsas plásticas ya cortadas se sellen de un lado y del otro lado queden abiertas, después de selladas las bolsas proceden a empacarlas en grupos de 10 bolsas plásticas cada uno hasta formar bultos, los cuales los llevan al área de almacén como producto terminado para poder ser vendido.

La persona encargada de realizar las ventas de los bultos recibe la orden de salida del producto terminado por parte del gerente general y a su vez le devuelve una copia firmada para que quede constancia de la venta dentro de la empresa, con el fin de llevar un control interno de todas las ventas.

3.2 IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE OPERACIÓN EN LA EMPRESA PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA.

El tipo de operaciones en la planta de producción de la empresa Plásticos y Empaques Cartagena Ltda., de acuerdo con la nomenclatura propuesta por La Teoría de Restricciones (V, A, I, T) es “*Tipo V*”, ya que se encuentra las siguientes características que lo hacen merecedor de este tipo de operaciones⁷:

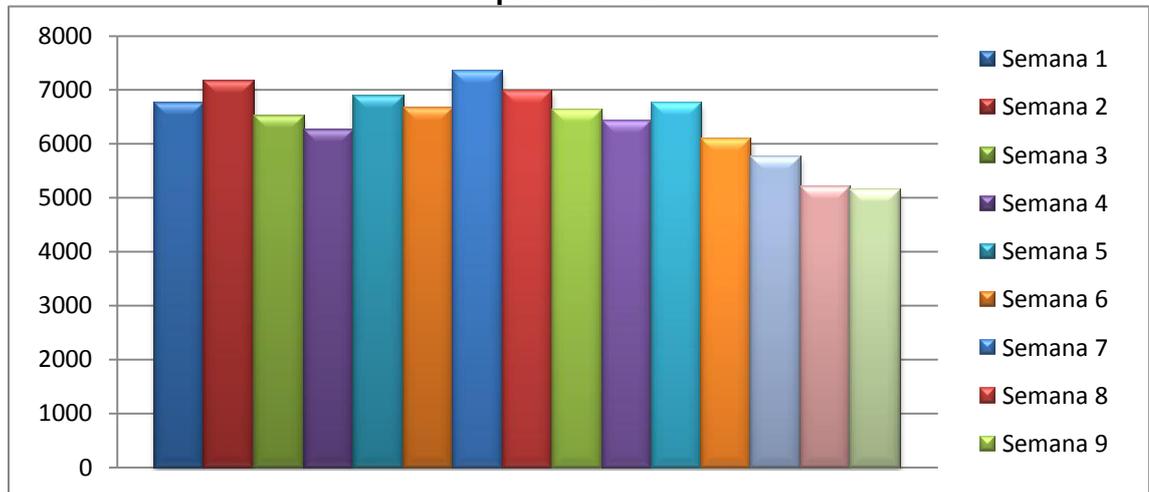
- Se presentan muchos robos en las operaciones, debido a que los tipos de productos terminados son pocos, y un producto que iba a ser producido para un cliente se puede utilizar para completar el pedido de un cliente más urgente, en la tabla 3, se puede observar que sólo existen 8 tipos de productos finales.
- Contiene puntos de divergencia, en los cuales se puede cambiar el rumbo que el material debía seguir, esto se evidencia en que a pesar que todos los productos pasan por el proceso de extrusión y corte, no

⁷ CASIJ, S., GAVIRIA, D. Diseño de un sistema de planeación y programación de planta basado en TOC para la empresa Internacional de Confecciones.

todos pasan por el proceso de sellado, y pueden ocurrir divergencias en algunas órdenes.

- ☑ Existen altos niveles de inventario en proceso y de producto terminado. En la figura 9, se puede observar la cantidad promedio de inventarios de producto en proceso al iniciar el proceso de producción para 15 semanas, en donde se evidencian valores superiores a los 5000 kilo/día, en donde en promedio hay 6439 kilos/día, cuando en promedio solo se producen alrededor de 1000 kilos/día.

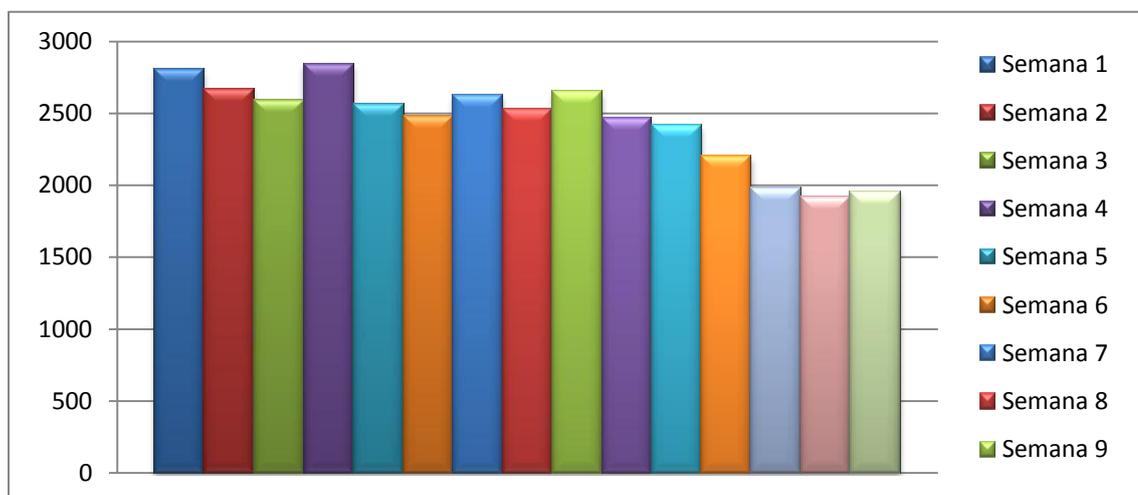
Figura 9. Niveles de inventario promedio de producto liberado para el proceso de producción



Fuente: Información suministrada por la empresa

Por otra parte, en la figura 10, se pueden observar los niveles de inventario de producto en proceso antes del proceso B, el cual tiene una capacidad teórica de 840 kilos/día. En esta, figura se puede observar que siempre se tiene un valor promedio por día para cada una de las semanas mayores al 1900 kilos/día, y en promedio se tienen 2446 kilo/día a procesar, lo cual indica que son niveles elevados de inventarios de producto en proceso, lo cual ocasiona congestión en el sistema, pues los operarios no saben a ciencia cierta cuál es la prioridad real.

Figura 10. Niveles de inventario de productos en proceso en espera de ser procesados en el Proceso B (Corte)



Fuente: Información suministrada por la empresa

- Existen gran variedad de productos a partir de poca materia prima, por consiguiente se utilizan solo dos materias primas el polietileno de baja y alta densidad y el Máster Bach, los cuales son transformados y modificados en 8 tipos diferentes de bolsas Plásticas, como se puede observar en la tabla 2.

Tabla 2. Tipos diferentes de bolsas fabricadas

TIPO DE BOLSAS	DIMENSIONES	
	Referencia	Ancho (Cms)
ALT1	7	12
ALT2	10	15
ALT3	13	17
ALT4	15	22
BAJ1	8	14
BAJ2	11	16
BAJ3	14	19
BAJ4	16	21

Fuente: Construido a partir del documento "Referencias de Bolsas Plásticas"

3.3 ENFOQUE SISTÉMICO ACTUAL DE LA EMPRESA PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA

En la actualidad, la empresa Plásticos y Empaques Cartagena Ltda., carece de un enfoque basado en un pensamiento sistémico, debido a que no buscan el óptimo global si no que fragmentan los problemas volviéndolos locales, lo cual conduce a errores muy graves bajo el enfoque de Teoría de Restricciones, esto lo realizan con el fin de que los problemas en las tareas aparentemente complejas, se vuelvan más sencillas de resolver. Por lo tanto lo primordial que se debe tener en cuenta es pasar de un enfoque no sistémico a un enfoque Holístico.

Si la empresa realmente quiere mejorar sus operaciones y alcanzar todos sus objetivos planteados, debe seguir los pasos que propone la Teoría de Restricciones.

Las siguientes preguntas claves que propone la Teoría de Restricciones se desarrollarán en los siguientes ítems, las cuales son: ¿Qué Cambiar?, ¿Hacia Qué Cambiar?, y ¿Cómo Inducir el Cambio?

3.3.1 ¿Qué Cambiar?

Una organización es como una cadena. La resistencia de la cadena depende del eslabón más débil, por lo tanto, lo que se trata es de encontrar cuál es el eslabón más débil de la organización (Restricción).

Por consiguiente, el primer paso, para un proceso de mejora bajo el enfoque de Teoría de Restricciones en la empresa Plásticos y Empaques Cartagena Ltda., es encontrar la causa raíz (Restricción), la cual impide que la empresa tenga un mejor desempeño en sus operaciones. Esta restricción del sistema además de identificarse por observación directa, también se usa herramientas de pensamiento lógico que las propone TOC (Árbol de la Realidad Actual y Nube del Conflicto o del Caso).

Después de haber conocido las generalidades de la empresa Plásticos y Empaques Cartagena Ltda. Se procedió a identificar los efectos indeseables de las operaciones (EIDE`S) que están afectando actualmente a la empresa, esto conduce a identificar la causa raíz del problema o restricción del sistema, mediante herramientas propias de TOC mencionadas anteriormente como Árbol de la Realidad Actual. Cabe anotar que los EIDE`S se identificaron mediante entrevistas no estructuradas con el Gerente de la empresa y otros miembros de la empresa. Los efectos indeseables que se pudieron evidenciar en la empresa Plásticos y Empaques Cartagena Ltda., se muestran en la figura 11.

Figura 11. Efectos indeseables



Fuente: Entrevistas con los miembros de la empresa

Con respecto, a la **medición a partir de indicadores locales**, se sabe conoce, que los indicadores que se manejan están relacionados con la capacidad de producción de cada proceso, y con la cantidad de producto que se produce, esto quiere decir que semanalmente, hallan la cantidad de material producido, y lo expresan como “und/día” (kilos/día), lo que ocasiona que:

- Se tiendan a producir primero los ítems de baja densidad, es decir los ítems (BAJ1, BAJ2, BAJ3, BAJ4), es decir se busca producir los ítems rápidos a costa de los lentos
- Se produzcan cantidades mayores a las requeridas para mantener en inventario, aún cuando no hayan pedidos del mercado para el corto o mediano plazo.
- Se anticipar pedidos que les permita incrementar el tamaño del lote, de una referencia. Por ejemplo, se tienen dos pedidos de BAJ3, pero las fechas de entregas son diferentes, entonces para ahorrar tiempo de setups, se genera toda la corrida del mismo producto.

Otro indicador local que se calcula, es la eficiencia de cada proceso, en dónde dividen la cantidad de producto que se fabricó, entre la capacidad teórica, y se calcula este indicador de eficiencia para cada proceso.

Por ejemplo, para el caso del proceso de extrusión, en cada mes se calcula:

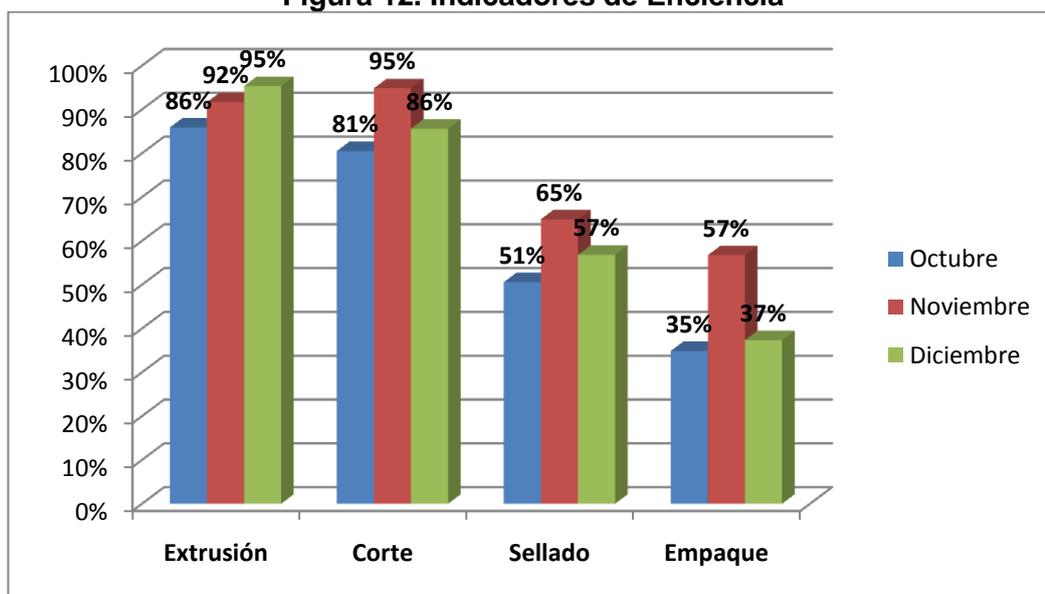
En la tabla 3, se puede observar un resumen de estos indicadores, para los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre, y en la figura 12, se puede observar gráficamente este comportamiento.

Tabla 3. Indicadores de Eficiencia

Eficiencia/mes	Octubre	Noviembre	Diciembre
Extrusión	86%	92%	95%
Corte	81%	95%	86%
Sellado	51%	65%	57%
Empaque	35%	57%	37%

Fuente: Información suministrada por la empresa

Figura 12. Indicadores de Eficiencia



Fuente: Información suministrada por la empresa

Con respecto al **pobre desempeño en las entregas**, se identificó para cada pedido fabricado durante el 2008, si era **ET** (Entregados a Tiempo: Cuando el material se registró en el sistema como terminado en la fecha estipulada cuando se ingresó el pedido) o **ED** (Entregados después de la fecha pactada: Cuando los pedidos se reportan como terminados luego de la fecha inicial de despacho prometida al cliente y programada)

Luego de lo anterior, se calculo la división de ET, entre el total de pedidos, y se calculo el desempeño de las entrega en forma porcentual, lo cual se puede evidenciar en la tabla 4.

Tabla 4. Desempeño en las entregas

Mes	Desempeño en las entregas
Ene-08	66%
Feb-08	76%
Mar-08	58%
Abr-08	61%
May-08	58%
Jun-08	68%
Jul-08	76%
Ago-08	69%
Sep-08	60%
Oct-08	64%
Nov-08	60%
Dic-08	66%
Promedio	65%

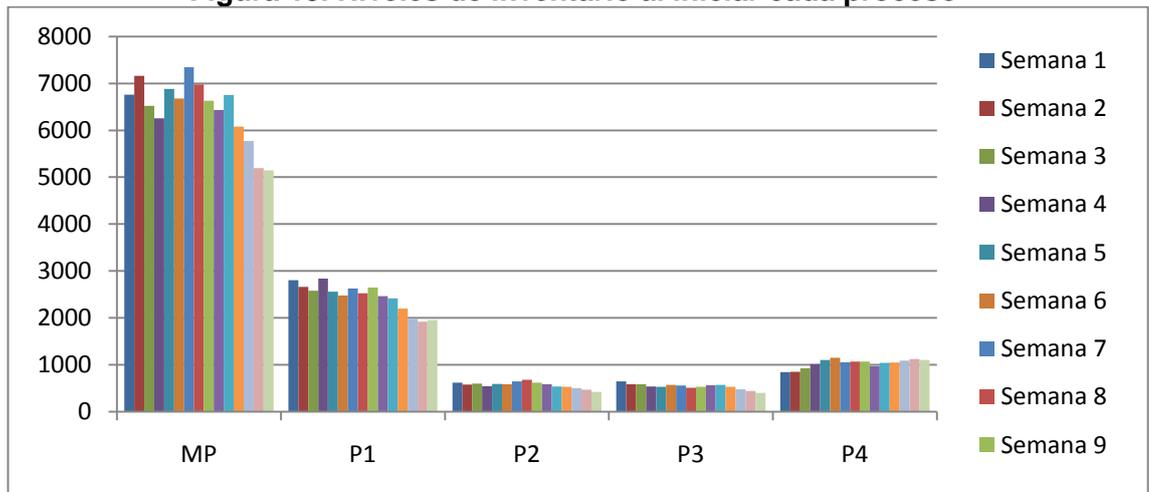
Fuente: Calculado a partir de la Base de Datos de la empresa

En la tabla anterior, se muestra que el cumplimiento de los pedidos para los meses calculados, nunca supera el 80%, y en promedio solo se cumplió con las fechas de entrega un 65% de las veces.

Los **tiempos de entrega de los productos**, es otro factor que se pudo identificar, esto es debido a que se sabe que en promedio el tiempo de entrega esta en 35 a 40 días, lo cual resulta un valor alto en comparación con las demás empresas del sector que ofrecen tiempos de entrega entre 20 a 25 días. Se consideró que esto es por el alto backorder, que hace que los nuevos pedidos vayan a la cola de listado de producción, y demore mucho tiempo en ser liberados.

El efecto indeseable relacionado con **los altos niveles de inventario**, se demostró en el apartado 3.2, en dónde se evidenciaron estos niveles, lo cual implica que el retorno sobre la inversión se hace mucho más lento, lo que implica una pérdida de la liquidez de la empresa. En la figura 13, se puede observar el comportamiento de los niveles de inventarios

Figura 13. Niveles de inventario al iniciar cada proceso



Fuente: Calculado a partir de la Base de Datos de la empresa

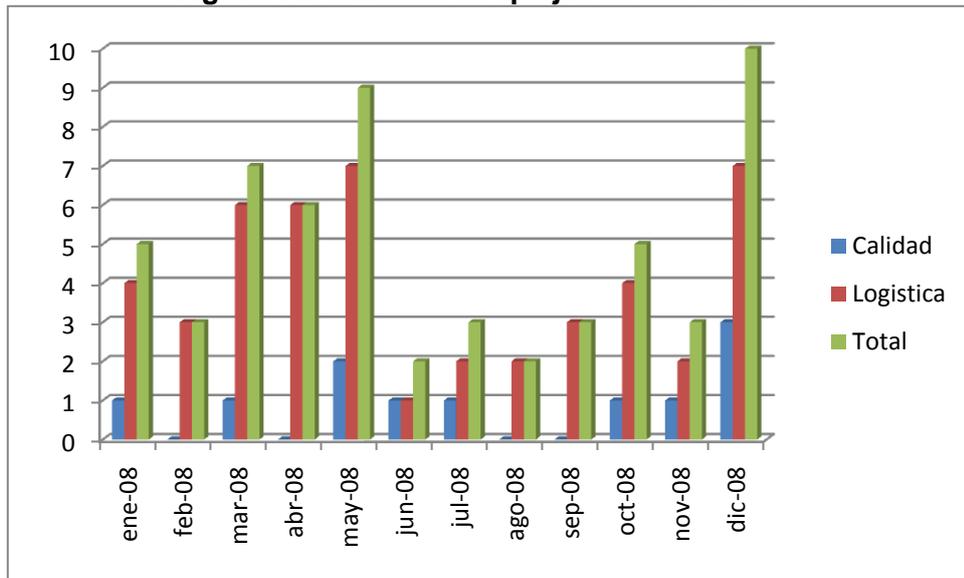
Con respecto a las quejas de los clientes, se construyó la tabla 5, en la cual se resumen los registros de las quejas de los clientes, las cuales se clasifican en Calidad, si está relacionada con algún problema técnico o de especificaciones, y logístico, si es un problema relaciona con la entrega a tiempo. Los datos de la tabla 5, se muestran graficados en la figura 14.

Tabla 5. Cantidad de quejas de los clientes

Mes	Calidad	Logística	Total
Ene-08	1	4	5
Feb-08	0	3	3
Mar-08	1	6	7
Abr-08	0	6	6
May-08	2	7	9
Jun-08	1	1	2
Jul-08	1	2	3
Ago-08	0	2	2
Sep-08	0	3	3
Oct-08	1	4	5
Nov-08	1	2	3
Dic-08	3	7	10
Total	11	47	58

Fuente: Calculado a partir de la Base de Datos de la empresa

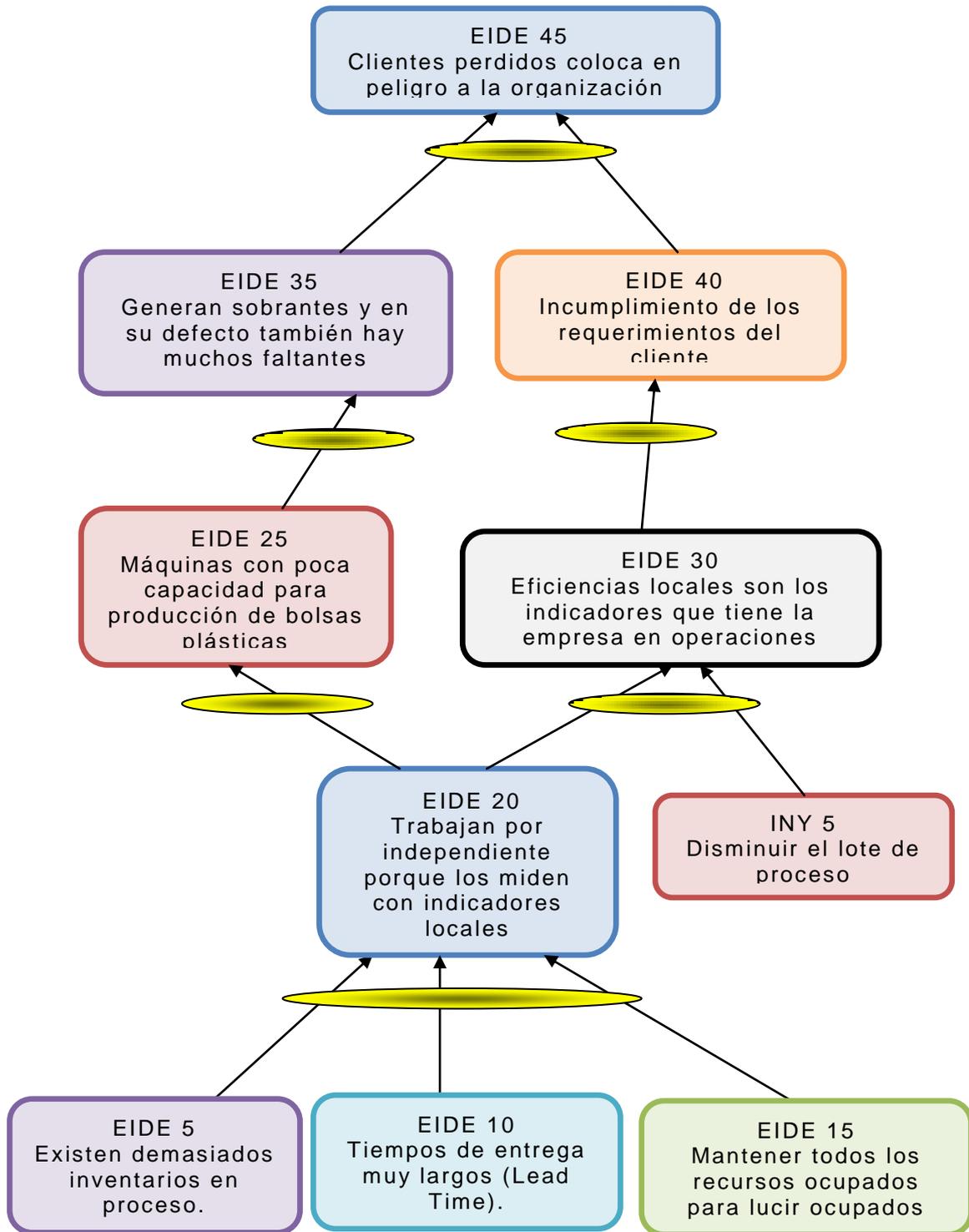
Figura 14. Cantidad de quejas de los clientes



Fuente: Construido a partir de la Base de Datos de la empresa

Luego de haber identificado los efectos indeseables se realizó el árbol de la realidad actual para Plásticos y Empaques Cartagena Ltda., con el apoyo de los efectos indeseables, entre los cuales se establece una conexión entre ellos mediante la relación que existe, después de conectados todos los EIDE`S el árbol estará completo. La restricción del sistema se encontrará en la base del árbol y se leerá desde la base hacia arriba permitiendo ver las relaciones que existe entre los EIDE`S.

Figura 15. Árbol de la Realidad Actual de Plásticos y Empaques Cartagena Ltda.



Fuente: Autores del Proyecto

El conflicto raíz no es más que dos problemas contrarios que pueden existir entre dos partes, en otras palabras puede ser un choque entre diferentes deseos, el cual se encuentran en la necesidad de cumplir, pero ninguna de las

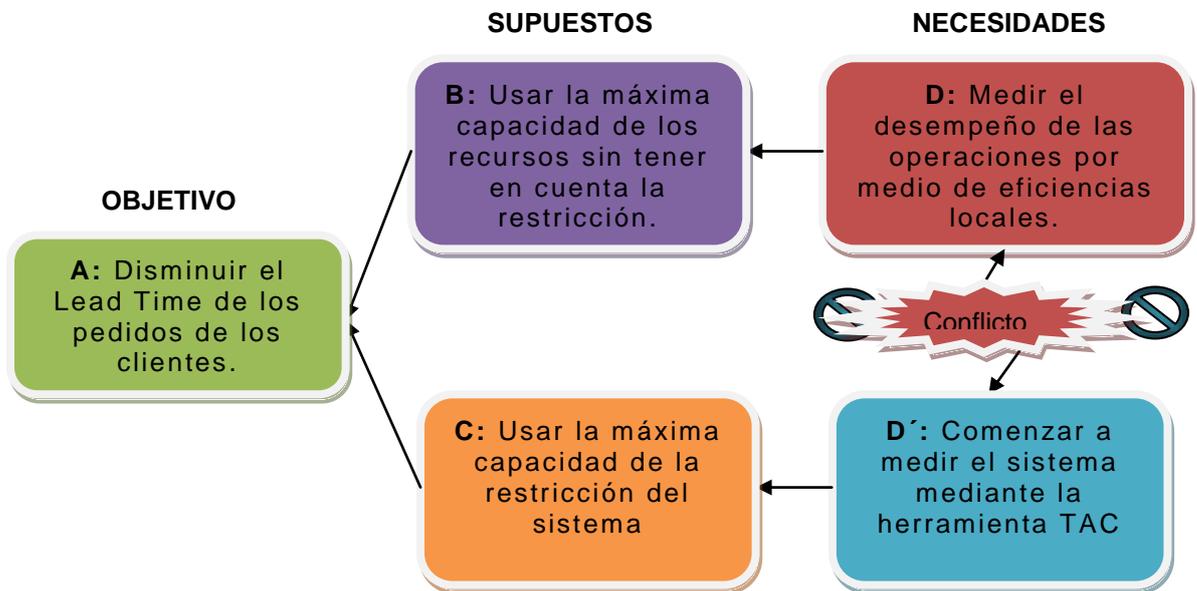
dos partes se encuentra en la disposición de ceder terreno o de colocar en peligro su punto de vista o necesidad, lo que se busca es una solución donde ambas partes salgan satisfechos, es decir gana-gana.

Para poder proponer una solución, se tuvo que identificar primero que todo el conflicto raíz o problema raíz, luego de identificado el conflicto, se procedió a resolver los conflictos mediante otra herramienta propia de la Teoría de Restricciones, la cual es la Nube del Caso o Nube Medular, la cual le permite conocer la posición por individual de cada parte del conflicto, analiza el problema de una forma justa y encontrar una guía que permita la solución GANA-GANA para ambas partes.

Hacen parte de este conflicto todo el personal de la planta de producción y la parte más importante la parte gerencial, puesto que ésta es la encargada de liderar y dar las ordenes de que los problemas se tienen que fragmentar y de que se midan por medio de indicadores locales, debido a que ese es el pensamiento actual "paradigma" que tienen que romper, cabe resaltar que como es su forma de ver las cosas muchas veces no tienen en cuenta la restricción del sistema (Cuello de Botella).

Los conflictos, los supuestos y el objetivo son numerados de acuerdo a su orden, con el fin de presentar el orden en el cual se construyó la Nube del Caso cuando se evidenció el conflicto.

Figura 16. Punto de vista de la empresa Plásticos y Empaques Cartagena Ltda.



Fuente: Autores del Proyecto

La Nube del caso se interpreta de la siguiente manera:

- ✓ Para satisfacer A, es necesario utilizar la máxima capacidad de los recursos sin tener en cuenta la restricción del sistema B, por lo que se mide el desempeño de las operaciones con indicadores de eficiencia locales D.
- ✓ Para satisfacer A, es necesario utilizar la máxima capacidad de la restricción del sistema C, por lo que se hace necesario medir el desempeño del sistema con una herramienta propia de la Teoría de Restricciones como es el Tambor Amortiguador Cuerda D'.

Como las necesidades son contrarias, existe un conflicto entre las mediciones actuales del desempeño de las operaciones con indicadores de eficiencia locales, y las mediciones del desempeño del sistema con una herramienta propia de la Teoría de Restricciones como es el Tambor Amortiguador Cuerda.

Después de haber identificado plenamente el paradigma actual de la empresa Plásticos y Empaques Cartagena Ltda., se procedió a realizar la solución del conflicto por medio de la pregunta ¿Hacia Qué Cambiar?

3.3.2 ¿Hacia Qué Cambiar?

Este paso es el segundo del proceso de mejoramiento continuo en la Teoría de Restricciones, el cual busca darle una solución al conflicto raíz del problema que afronta Plásticos y Empaques Cartagena Ltda., y a su vez atacar los síntomas actuales que se encuentran evidentes dentro de la empresa. Por consiguiente los cambios que se plantean deben ir orientados a mejorar, cambiar y eliminar todo lo que afecta de alguna manera el rendimiento actual de la empresa y que le impide que ésta logre los resultados propuestos.

Una de las afirmaciones que tiene la Teoría de Restricciones es que “en cualquier sistema que se conforma con un propósito no existe tal cosa como un verdadero conflicto, solamente supuestos no revisados”.

Como Plásticos y Empaques Cartagena Ltda., se encuentra en un “pensamiento” o “paradigma” equivoco, es más fácil identificar estos supuestos. Para poder analizar y detallar estos supuestos fue necesario revisar las declaraciones de "para poder..., necesitamos..." y se le agregó la palabra "porque", las cuales conducen a respuestas que son obvias pero que la alta gerencia no ve, estas respuestas también llevan a las razones de porqué A requiere de B, o B necesita de D, porqué D y D´ son eventos mutuamente excluyentes, etc.

Después de tener claramente identificados los supuestos de la empresa, sólo falta buscar el supuesto que invalida alguno de los supuestos iniciales, para luego darle solución a la nube o en su defecto disiparla. Los supuestos que se detallan a continuación fueron identificados por el personal operativo de la planta y por la alta gerencia de Plásticos y Empaques Cartagena Ltda.

En este caso para poder cumplir con los requisitos de A, se hace necesario usar la máxima capacidad de los recursos sin tener en cuenta la restricción B porque:

1. Permanecen todas las máquinas y los operarios en funcionamiento, es decir siempre van a estar ocupados.
2. Por el ítem anterior no va a haber ningún recurso ocioso, lo cual es “Un Desperdicio” para la empresa.
3. Se puede cumplir con todos los pedidos.

Para poder usar la máxima capacidad de los recursos sin tener en cuenta la restricción del sistema B, se hace necesario medir el desempeño de las operaciones por medio de eficiencias locales D porque:

Los recursos al estar ocupados al 100% van a arrojar un resultado positivo para la empresa, puesto que los están midiendo individualmente y no como un conjunto. Disminuyen los costos de fabricación del producto que se está elaborando. Los supuestos que se detallan a continuación fueron identificados por los autores.

Para poder cumplirles a los clientes A, se hace necesario usar la máxima capacidad de la restricción del sistema D porque:

- El flujo de producción aumenta, por lo tanto el lead time de los pedidos disminuye.
- Disminuye el inventario en proceso.
- La restricción del sistema siempre estará ocupada.

Para poder usar la máxima capacidad de la restricción del sistema D, se hace necesario medir el sistema mediante la herramienta TAC (Tambor, Amortiguador, Cuerda) D´ porque mediante esta herramienta la restricción del sistema nunca se va a quedar ociosa, ya que siempre va a mantener un inventario, anteriormente analizado que marque el ritmo de toda la planta.

Después de haber identificado plenamente cada supuesto por parte de la alta gerencia, los operarios y obviamente por los autores se analizó cada uno de ellos con su respectiva argumentación con el fin de comprobar si son válidos o no.

Punto de vista de la empresa Plásticos y Empaques Cartagena Ltda

- ✓ *Permanezcan todas las máquinas y los operarios en funcionamiento, es decir siempre van a estar ocupados:* Esto es un supuesto totalmente equivocado o inválido, puesto que el tener siempre todos los recursos de la empresa ocupados no garantizará que todos los productos que se realizan se van a entregar a tiempo. Además al tener todos los recursos activados se va a generar demasiados inventarios en procesos, lo que generaría molestia para todo el personal de la planta.

- ✓ *Un recurso ocioso es “un desperdicio” para la empresa Plásticos y Empaques Cartagena Ltda.:* Supuesto totalmente falso, puesto que un recurso ocioso si no es la restricción del sistema no es un problema, pero por el contrario si el recurso ocioso es la restricción del sistema se pueden generar muchos inconvenientes, en otras palabras la restricción del sistema siempre debe permanecer ocupada, y en aras ésta es la que determina el ritmo y la velocidad con la que deben trabajar los demás recursos.

- ✓ *Se puede cumplir con todos los pedidos:* Esto es un supuesto totalmente inválido, ya que la capacidad de la planta me la determina el cuello de botella o en su defecto la restricción del sistema, en otras palabras la cantidad de pedidos que pueda cumplir me lo indica la restricción. Cabe anotar que la única manera de poder cumplir con todos los pedidos de la empresa es que la cantidad de la demanda sea menor a la capacidad instalada en la planta.

- ✓ *Los recursos ocupados al 100% van a arrojar un resultado positivo para la empresa.:* Esto es un supuesto totalmente equivocado o inválido ya que por estar midiendo los recursos por individual trabajan al 100% lo que generaría inventarios en procesos y en su defecto también causaría mayores costos de operaciones.

- ✓ *Disminuyen los costos de fabricación del producto que se está elaborando:* Este supuesto es falso, pues creen que están ahorrando dinero con la disminución de los costos de fabricación del producto, pero en realidad están produciendo material que no se necesita y que se convierte en inventario que no se va a vender, lo cual disminuye la liquidez de la empresa, y resta capacidad de producción de productos que si se necesitan.

Punto de vista de los Autores de la Monografía

- ✓ *El flujo de producción aumenta, por lo tanto el tiempo promedio que un pedido dura siendo fabricado disminuye:* Esto es un supuesto totalmente verdadero, ya que al tener en cuenta la restricción del sistema el flujo de producción aumenta, trayendo como consecuencia la disminución del tiempo promedio de fabricación de un pedido, pues espera menos tiempo en ser procesado.

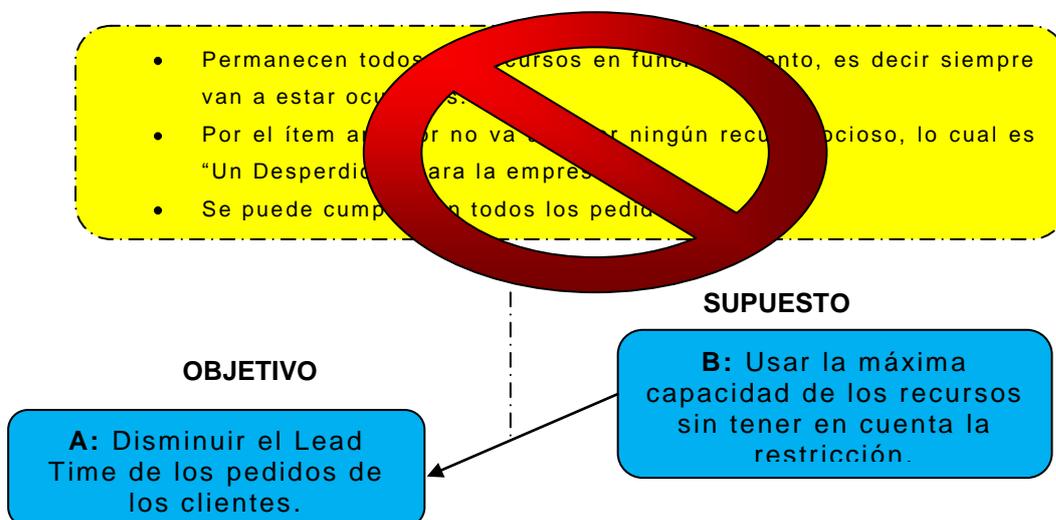
- ✓ *Disminuye el inventario en proceso:* Este es otro supuesto que es verdadero, puesto que al colocar a trabajar la restricción del sistema que es la que en aras impide la consecución del objetivo de la empresa y sincronizar todas las demás actividades a este último el inventario en proceso disminuye.

- ✓ *La restricción del sistema siempre estará ocupada:* Es cierto este supuesto, ya que la restricción del sistema es la que va a marcar el ritmo de toda la planta de producción, además se debe mantener en constante

funcionamiento debido a que si deja de trabajar es un gran desperdicio para toda la empresa.

- ✓ *La restricción del sistema nunca se va a quedar ociosa, ya que siempre va a mantener un inventario:* Este supuesto es verdad, como se explicó anteriormente la restricción es la actividad u operación que marca el ritmo de toda la planta, por lo tanto si se queda un intervalo de tiempo ocioso, ese mismo intervalo de tiempo es perdido en todo el sistema.
- ✓ Posteriormente de haber detallado y analizado todos los supuestos por ambas partes, se logró identificar los supuestos inválidos con ideas equivocadas debido al paradigma o pensamiento que tienen en la empresa Plásticos y Empaques Cartagena Ltda., y esto conllevó al rompimiento del objetivo A y el supuesto B, lo cual trajo como consecuencia la solución del conflicto.

Figura 17. Solución del conflicto



Fuente: Autores del Proyecto

Después de identificar, disipar y eliminar el conflicto, se pueden emitir las siguientes conclusiones:

- ✓ La restricción del sistema es la que determina a la planta el ritmo de todas las operaciones.

- ✓ Los recursos ociosos no necesariamente son un desperdicio para la planta.
- ✓ La cantidad máxima de pedidos que la empresa puede producir lo determina la restricción del sistema.
- ✓ Una hora perdida en la restricción, es una hora perdida en todo el sistema.

Finalmente después de haber emitido las conclusiones, de romper el objetivo A, y el supuesto B, y darle una solución al conflicto, se describen los efectos deseables que se quieren obtener. Los principales Efectos Deseados (EDE'S), que se quieren obtener y lograr en la empresa Plásticos y Empaques Cartagena Ltda., son:

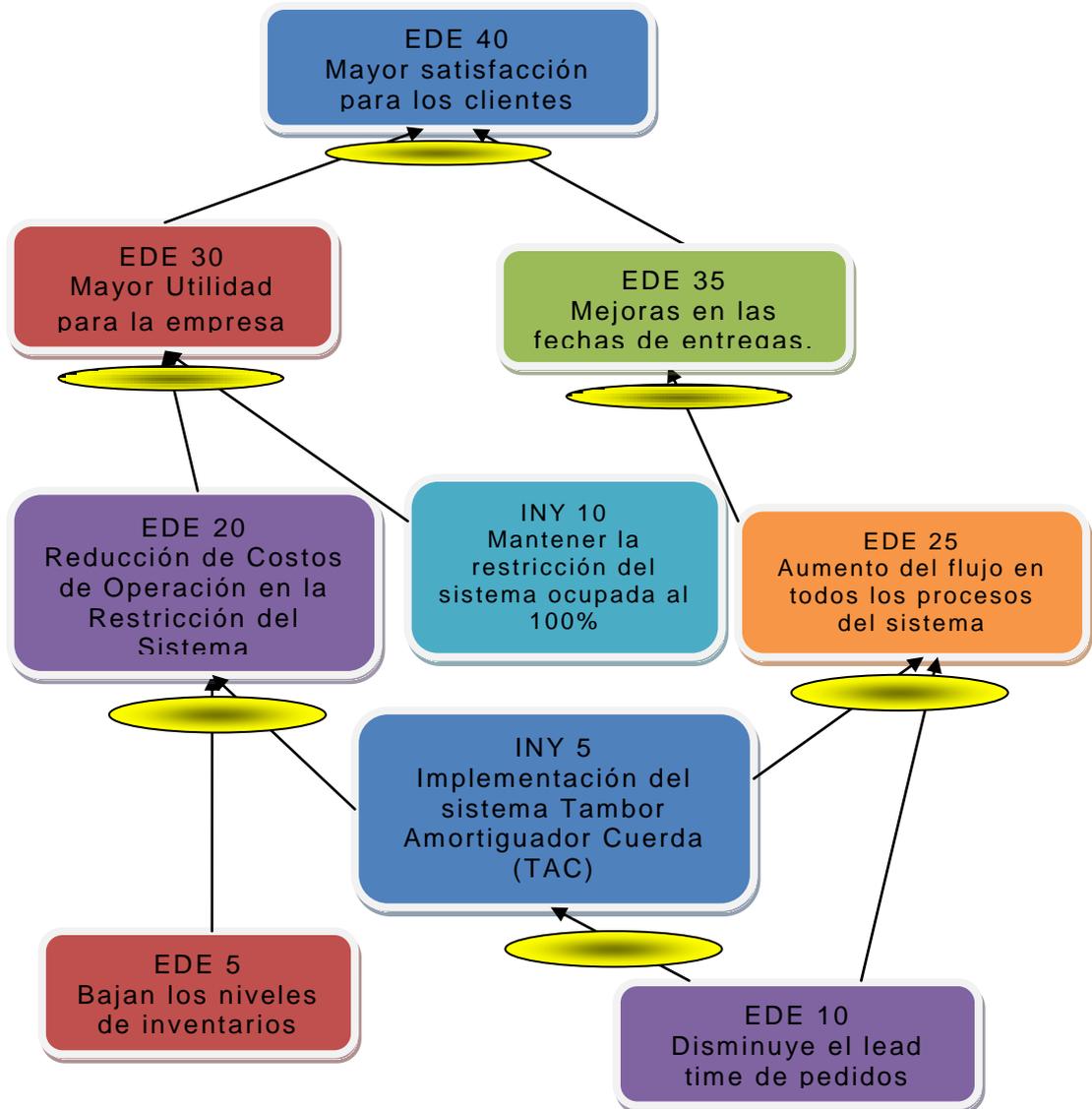
- 1) Disminución del lead time
- 2) Mayor Utilidad para la empresa.
- 3) Mejoras en las fechas de entregas.
- 4) Reducción de Costos.
- 5) Mayor satisfacción para los clientes.
- 6) Bajan los niveles de inventarios.

Por medio de los efectos deseados mencionados anteriormente y de los supuestos que ayudaron a la solución del conflicto se realizó el Árbol de la Realidad Futura (ARF), que no es más que una herramienta propia de la Teoría de Restricciones que se fundamenta en el resultado de un proceso de pensamiento lógico y un buen conocimiento de sus causas y efectos. El objetivo del ARF es encontrar un enlace o una relación GANA-GANA entre cómo cambiar los efectos indeseables que se encontraron en la realidad actual y los efectos deseables que se quieren obtener, sin permitir que se evidencien nuevos efectos indeseables.

El ARF y el ARA son semejantes en cuanto a la forma de construcción porque ambos son representaciones gráficas que se lee por medio de flechas. La

diferencia del uno con el otro es que en el ARF no expresa ahora “Como están las cosas si hacemos...” sino “Como estarán si hacemos...”

Figura 18. Árbol de la Realidad Futura de Plásticos y Empaques Cartagena Ltda.



Fuente: Autores del Proyecto

Mediante un análisis lógico que se realizó en la empresa Plásticos y Empaques Cartagena Ltda., se determinó la estrategia operacional y gerencial que se va a seguir para alcanzar los objetivos de la empresa que en este caso serían los efectos deseables que se propusieron anteriormente. Las inyecciones no son más que elementos que hacen falta y que permiten alcanzar los EDE'S propuestos.

Posteriormente al haber descubierto la solución al conflicto que se generaba en la empresa Plásticos y Empaques Cartagena Ltda., se procedió con el último paso y quizás el más importante de Teoría de Restricciones, el cual es la pregunta clave ¿Cómo Inducir el Cambio?

3.3.3 ¿Cómo Inducir El Cambio?

Este es el paso más importante de la Teoría de Restricciones puesto que en él se van a crear, diseñar y realizar todas las estrategias necesarias para que los efectos deseados que se describieron en el paso anterior puedan ser alcanzados y por consiguiente se pueda lograr el objetivo final de la empresa.

Todas las actividades que de aquí en adelante se quieran implementar deben ser explicadas de una forma muy práctica y sencilla, a modo de guía, para que de esta manera todas las partes interesadas de la empresa sepan por donde van, es decir que paso continua durante el proceso de cambio, y por consiguiente no se queden estancados o restringidos en alguna duda que se les presente. Si se quiere que la solución sea planteada y aplicada exitosamente, entonces todos aquellos involucrados tienen que estar en capacidad de adaptar sus comportamientos a los requerimientos de esa solución, para lo cual las personas en la organización tienen que comprender el cambio que se les está pidiendo.

Por lo anteriormente descrito se creó un Plan de Acción, el cual contiene paso a paso y detalladamente lo que las partes interesadas de la organización deben hacer para mejorar y alcanzar sus objetivos.

3.4 PLAN DE ACCIÓN DE LAS OPERACIONES DE LA EMPRESA PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA

En la empresa Plásticos y Empaques Cartagena Ltda., se diseñará y se implementará un Plan de Acción que comienza especialmente con la eliminación parcial y total del conflicto raíz que se genera por un pensamiento o

paradigma equivoco que tiene la empresa en la actualidad, el cual le impide que tenga un mejor desempeño en sus operaciones. Dicho en otras palabras se tiene que cambiar el pensamiento y las formas de hacer las cosas actuales de la empresa por un pensamiento que sea global o que evalúe a la empresa como un todo, es decir como un sistema global. Esto de alguna manera permitirá evaluarla con objetivos globales.

Este Plan también se realizará concientizando a todos los miembros de la organización de que la Teoría de Restricciones les mejorará el desempeño de sus operaciones y por ende la parte financiera, si se siguen los pasos y los principios en los cuales se fundamenta el TOC. Esto se realizará con el fin de disminuir la resistencia al cambio que más de uno coloca, la cual es generada por el paradigma equivoco en el que se encuentran actualmente.

Todos los cambios que se realicen en la empresa deben llevar a una solución GANAR-GANAR y que no tenga mucho impacto en los costos, debe ser en el menor tiempo posible y obviamente con argumentos válidos y resultados cuantificables.

Después de haber concientizado a todo el personal de la empresa, de que deben cambiar de paradigma o de pensamiento actual, puede existir una restricción de mercado o una restricción física dentro de la planta, y consecuentemente para darle una solución a la restricción física o de mercado se deben seguir los 5 pasos del mejoramiento continuo de la Teoría de Restricciones, los cuales se describen a continuación:

- 1) IDENTIFICAR la restricción del sistema. (Organización).
- 2) EXPRIMIR o EXPLOTAR la restricción al máximo.
- 3) SUBORDINAR todo lo demás con la restricción del sistema.
- 4) ELEVAR la restricción del sistema.
- 5) Volver al Paso 1.

Para llevar a cabo estos pasos es necesario que todo el personal de la planta esté concientizado y cambien su pensamiento actual por el nuevo pensamiento basado en Teoría de Restricciones, de cómo se realizará la metodología en la empresa Plásticos y Empaques Cartagena Ltda.

3.4.1 Identificar La Restricción Del Sistema En La Empresa Plásticos Y Empaques Cartagena Ltda.

Primero que todo para poder identificar plenamente la restricción del sistema se tuvo que observar si existía una restricción de mercado externa o físicamente interna, para esto se debe analizar que es un cuello de botella, el cual no es más que un recurso que su capacidad sea menor que la demanda actual de la empresa, dicho en otras palabras es el recurso que limita la capacidad global de la empresa, éste puede ser recurso humano escaso, una máquina, una herramienta o simplemente el mismo mercado.

3.4.1.1 Identificación de la restricción de Mercado

Anteriormente se decía que una restricción de un sistema podía estar internamente en la planta o externamente, para identificar una restricción de mercado en la empresa Plásticos y Empaques Cartagena Ltda., se analizó su capacidad global y se comparó con su demanda actual durante un año por medio de datos históricos proporcionados por la organización, lo que conllevó a concluir que no existe una restricción de mercado, ya que los datos históricos arrojaron que la demanda actual de la empresa es mucho mayor que la capacidad interna, debido a los productos que no se facturaron (aceptaron para ser fabricados, pues no se tenía capacidad).

Los Datos Históricos se dividieron en:

- ✓ Ventas de Bolsas Plásticas (Kilogramos/Mes).
- ✓ Ventas perdidas de Bolsas Plásticas (Kilogramos/Mes), que corresponde a todas aquellos pedidos que no se aceptaron.

Estos Datos fueron suministrados por el Gerente General de la empresa Plásticos y Empaques Cartagena Ltda., y están comprendidos entre el Mes de Enero y Diciembre del año 2008, es decir un año.

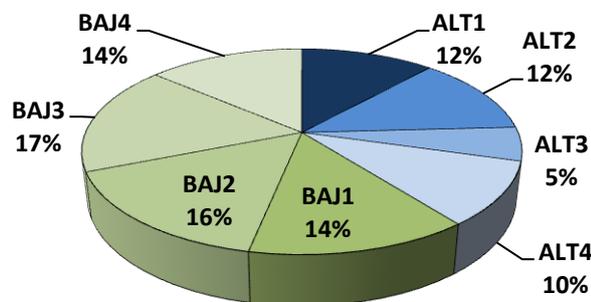
Tabla 6. Cantidad dejada de facturar

Mes	Ventas (kilogramos/mes)	Cantidad dejada de facturar (kilogramos/mes)
Ene-08	16.560	16.256
Feb-08	14.836	16.111
Mar-08	12.347	20.213
Abr-08	16.842	17.636
May-08	13.421	20.723
Jun-08	12.563	17.490
Jul-08	19.684	11.821
Ago-08	18.758	17.801
Sep-08	19.211	16.698
Oct-08	16.909	21.314
Nov-08	19.915	16.711
Dic-08	17.983	20.572

Fuente: Información suministrada por la empresa

En la gráfica anterior se puede evidenciar y se concluye que la empresa Plásticos y Empaques Cartagena Ltda., no tiene Restricción de Mercado, ya que se evidencia siempre la existencia de material que no se factura porque no se acepta por parte de la empresa para ser fabricado, de hecho siempre se dejó de fabricar pedidos que no se aceptaron. La composición de la mezcla de los productos, para este año se muestra en la figura 19.

Figura 19. Composición porcentual de la mezcla de productos



Fuente: Construido a partir de la Base de Datos de la empresa

Las ventas también fueron muy sensibles a las perturbaciones pequeñas (Murphy existe) que se presentaron en la planta, ya que los operarios informaron que hubo daños en la maquinaria de la empresa durante 15 días en el mes de Marzo de 2008, lo cual de alguna u otra manera disminuye la capacidad de la planta y por ende esto se ve reflejado en las ventas del mes.

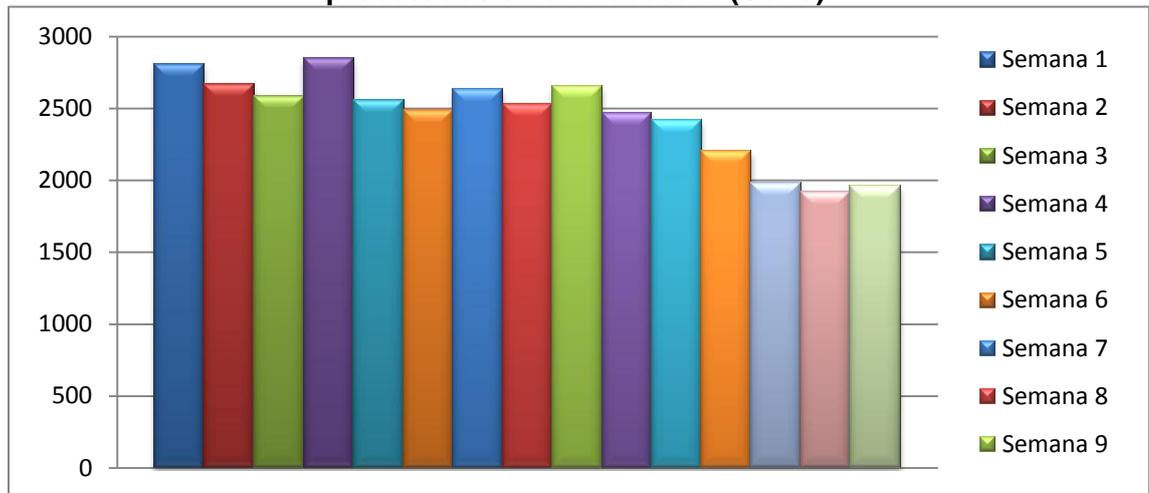
Después de haber demostrado con datos que en la empresa no existe una restricción de tipo externa en este caso de Mercado, se procede a identificar una restricción interna o física.

3.4.1.2 Identificación de la restricción física de Plásticos y Empaques Cartagena Ltda.

La Teoría de Restricciones plantea dos alternativas para identificación de restricciones físicas del sistema, una es llevar a cabo un perfil de capacidad o analizar la capacidad de cada proceso, y la otra es usar la lógica común y el conocimiento del sistema en este caso sería de la planta de Plásticos y Empaques Cartagena Ltda.

Principalmente, lo que se realizó en la planta fue buscar donde estaba el cuello de botella, por medio de observación directa, cuando los procesos se encontraban en funcionamiento, el cuello de botella se observa de una manera muy particular, puesto que es el que tiene mayor acumulación de inventario, ya sea en proceso o solo insumos o materia prima, y se encontró que el cuello de botella que impide o que limita al sistema es el proceso de Corte, puesto que detrás de éste se encuentra mucho inventario de producto en proceso. Esta información se recolectó por observación directa, se verificó su veracidad con los operarios de la planta y efectivamente se encontraron con la sorpresa de que el proceso de Corte es el cuello de botella.

Figura 20. Niveles de inventario de productos en proceso en espera de ser procesados en el Proceso B (Corte)



Fuente: Información suministrada por la empresa

Si se sigue analizando el sistema de la empresa para identificar el cuello de botella, se puede utilizar otra alternativa que es realizar un análisis de capacidad. Para determinar estos datos de capacidad, se tomaron cinco pedidos, y se revisaron los registros de producción físicos, en donde los operarios registran los tiempos de fabricación de cada pedido en cada máquina; luego a partir de estos datos se calculó la capacidad promedio, y se obtuvo la capacidad promedio. Los pedidos seleccionados con la cantidad respectiva a fabricar en kilogramos, se muestra en la tabla 6:

Tabla 7. Cantidad dejada de facturar

# Pedido	Cantidad (Kg)
7981	1370
7985	1100
7994	1850
8003	600
8007	1490

Fuente: Información suministrada por la empresa

Los tiempos de fabricación de cada pedido en cada máquina, se muestra en la tabla 8.

Tabla 8. Resumen de Tiempos de fabricación de cada pedido (horas)

Información del pedido		Tiempo de Fabricación (horas)			
# Pedido	Cantidad (Kg)	Extrusión	Corte	Sellado	Empaque
7981	1370	14	25	17	13
7985	1100	13	19	13	10
7994	1850	19	32	23	19
8003	600	7	11	7	5
8007	1490	16	25	18	15

Fuente: Información suministrada por la empresa

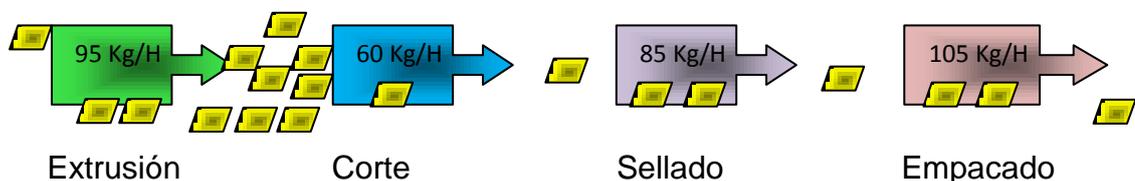
De la tabla anterior, se calculó la capacidad de la máquina, dividiendo la cantidad de material a procesar de cada pedido dado en kilogramos, entre el tiempo total de fabricación de cada proceso, luego se obtuvo el promedio de estos tiempos de fabricación y se obtuvo la capacidad de cada proceso, que se muestra en la figura 21, en donde los datos se redondearon a múltiplos de 5.

Tabla 9. Resumen de los datos de capacidad real de los pedidos seleccionados

Información del pedido		Tiempo de Fabricación			
# Pedido	Cantidad (Kg)	Extrusión	Corte	Sellado	Empaque
7981	1370	98	56	83	105
7985	1100	88	57	88	109
7994	1850	97	58	80	99
8003	600	88	57	84	112
8007	1490	94	61	82	99
Promedio		94	57	83	104

Fuente: Información suministrada por la empresa

Figura 21. Capacidad de los procesos de la empresa



Fuente: Información suministrada por la empresa

Después de haber observado todo el sistema de la planta de producción de la empresa y tomando también las capacidades teóricas de cada proceso productivo se estableció que el proceso de Corte es el de menor capacidad la cual es de 60 Kg/Hora, por lo tanto es el cuello de botella de todo el sistema y

por consiguiente la organización está limitada por ese proceso cuya producción al mes sería de $(60\text{Kg/Hora} * 14\text{Hora/Día} * 26\text{Días/Mes}) = 21.840\text{Kg/Mes}$.

A pesar de poseer diferentes tipos de productos, de acuerdo a lo planteado por la Gerencia, los tiempos de procesamiento son iguales para los procesos de corte, sellado y empaçado, y en dónde hay una diferencia es en el proceso de extrusión, debido a que los ítems de alta densidad (ALT1, ALT2, ALT3, ALT4) presentan un tiempo de procesamiento en un 10% aproximadamente menor que las bolsas de baja densidad, lo cual para efectos prácticos no es relevante.

Este valor muestra que es lo máximo que la empresa puede vender y la capacidad de la planta es mucho menor que la demanda actual, por lo tanto si no se corrige este problema nunca se podrá satisfacer toda la demanda que tiene. Una vez se tiene plenamente identificado cual es el cuello de botella de la empresa, el cual impide un mejor rendimiento de ésta, se procede al siguiente paso de la Teoría de Restricciones.

3.4.2 Exprimir o Explotar la restricción al máximo

Se ha llegado al segundo paso de focalización de la Teoría de Restricciones, este paso lo que busca es tener al cuello de botella trabajando siempre y/u ocupado, dicho en otras palabras el cuello de botella nunca puede parar o dejar de trabajar, porque si éste deja de trabajar una hora, ese mismo tiempo se pierde en todo el sistema, de allí la frase “Una hora perdida en un cuello de botella es una hora perdida en todo el sistema”, y “Una hora ganada en un no cuello de botella es un espejismo” este supuesto se debe a que los demás recursos deben trabajar al ritmo del cuello de botella de lo contrario si se adelantan genera inventario.

En este punto es donde se aplicarán las herramientas que propone la Teoría de Restricciones acerca de mejoramiento, dentro de este análisis también interactúan el lead time de los proveedores de polietileno, el cual es el principal

material de la empresa y el lead time de éste es de 3-4 días aproximadamente, estas acciones se realizan con el objetivo de no permitir que el cuello de botella en este caso el proceso de corte quede desabastecido o sin material para elaborar o fabricar.

3.4.3 Subordinar todo lo demás con la Restricción del Sistema

Según el paso anteriormente descrito que determina exprimir o explotar al máximo la capacidad de la restricción de Plásticos y Empaques Cartagena Ltda., el cual es el proceso de Corte es sólo una pequeña parte de todos los recursos que la empresa tiene, por consiguiente el cuello de botella no depende sólo de él si no que también depende de los demás recursos que lo van a ayudar a que éste se mantenga ocupado o funcionando, de allí la frase “Subordinar todos los demás recursos a la capacidad de la restricción”.

En este paso se justifican los dos pasos de focalización anteriores mediante la propuesta de un diseño de Programación y Control de la Producción bajo el enfoque de Teoría de Restricciones llamado Sistema Tambor Amortiguador Cuerda (TAC), que le sirva a la empresa Plásticos y Empaques Cartagena Ltda., para ser gestionada efectivamente.

Para poder diseñar un Sistema de Programación y Control de la Producción (DBR) en la empresa Plásticos y Empaques Cartagena Ltda., se creó un formato que sincroniza todos los componentes necesarios para mantener y mejorar el flujo del sistema de la organización, por medio de la subordinación de los recursos no cuello de botella.

Esencialmente se tiene que realizar una priorización de las ordenes de producción cuando entran a la empresa por medio del porcentaje de penetración de los amortiguadores que ellas tengan, este porcentaje de penetración no es más que la división del buffer entre los días que hacen falta para la entrega de la orden. Si entran dos órdenes de producción entran a un

mismo recurso la prioridad la tiene la que tenga mayor porcentaje de penetración.

Para poder realizar la priorización se debió preguntarle al gerente de la planta, todas las ordenes que ellos tuvieran programadas, se les preguntó la fecha de entrega de cada una, y la cantidad a producir en cada orden, debe ser descrita en kilogramos, con esos datos se establecerá el porcentaje de penetración de cada orden de fabricación.

En la empresa Plásticos y Empaques Cartagena Ltda., el tambor se puede expresar como una programación de las actividades que se llevarán a cabo en el proceso de Corte el cual es el cuello de botella del sistema, esto dictará de alguna u otra forma el ritmo al que deben trabajar los demás recursos de la organización.

$$\text{TAMBOR} = 60 \text{ Kg/Hr}$$

Adicionalmente, se establece que el horizonte de planeación es de tres días aproximadamente, teniendo en cuenta que los pedidos son generalmente mayores de 1000 kilos/pedido. Y teniendo en cuenta que este tipo de planta, puede hacer entregas parciales de los pedidos y negociar las fechas de entrega de los restantes.

El amortiguador de la empresa tiene como objetivo o finalidad proteger o salvar el sistema contra los eventos inesperados o aleatorios que se puedan presentar en el futuro. El amortiguador se define como la velocidad de aprovisionamiento de la materia prima que necesita el cuello de botella para que nunca deje de funcionar, cabe recordar que un minuto perdido en la restricción es un minuto perdido en todo el sistema, el buffer se halla multiplicando la capacidad teórica del cuello de botella por el tiempo que los proveedores tardan en aprovisionamiento.

Buffer = (Capacidad Teórica* Tiempo de Oper.)*Lead Time.

Buffer = 60Kg/Hr.*14Hr/Día*4Días

Buffer = 3360 Kg/Día.

Con este cálculo se obtuvo que el amortiguador de la empresa Plásticos y Empaques Cartagena Ltda., será de 3360 Kilogramos, lo cual muestra la cantidad necesaria para que el cuello de botella no pare durante los 4 días del lead time del proveedor de materia prima.

La cuerda es un programa de liberación de los materiales a la planta. Atar la cuerda significa liberar el material a la planta sincronizado con el Tambor y el Amortiguador. En la empresa Plásticos y Empaques Cartagena Ltda., el Tambor y el Amortiguador se encuentran al comienzo del proceso de Corte, por tal motivo la cuerda estaría atada al Tambor, el cual liberará la salida de la orden de compra, cuando se encuentre en un alto grado de penetración en el amortiguador.

El resultado final se materializa en lo que se denomina el Sistema S-DBR – PLASTEMPAC ® está hecho en Microsoft Excel 2007®, y básicamente es una hoja de cálculo a la cual se le ingresa la información de los pedidos y está a través de macros pre-programadas y a partir de parámetros previamente establecidos a partir de los postulados de Goldratt, sirve como herramienta de ayuda para la planeación y programación de la producción, el cual se explica en la siguiente página.

DISEÑO DE LA SOLUCIÓN DE OPERACIONES BASADO EN LA TEORÍA DE RESTRICCIONES EN LA EMPRESA PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA.



Elkin José Guerrero – Fabián Puello Márquez

PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA, es una empresa que se dedica a la producción y distribución de bolsas plásticas de excelente calidad y diferentes presentaciones que varían de acuerdo a los requerimientos del cliente (tamaño, color, calibre, peso), éstos se encuentran en Cartagena y el interior del país.

La problemática que enfrenta la empresa **PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA.**, en el desarrollo de sus actividades y operaciones, se evidencian en los siguientes signos y síntomas:

- ❖ Las entregas que realiza las hacen atrasadas.
- ❖ Existe exceso de inventario de productos terminados (Paquetes de bolsas plásticas).
- ❖ Desabastecimiento de referencias.
- ❖ Existencia de altos niveles de rollos tubulares x procesar.

DISEÑO DE LA SOLUCIÓN DE OPERACIONES BASADO EN LA TEORÍA DE RESTRICCIONES EN LA EMPRESA PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar la solución de operaciones por medio de herramientas de la Teoría de Restricciones (TOC) para aumentar el flujo de producción de la planta y disminuir el Lead Time de los pedidos en la empresa PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Realizar un diagnóstico de la situación actual de la empresa PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA, para ANALIZAR SU ESTADO ACTUAL.
- ✓ Analizar y conocer detalladamente como manejan el sistema de operaciones en la empresa PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA., para poder tener ideas claras donde comenzar a mejorar por medio de las herramientas de TOC.
- ✓ Identificar cuál es el cuello de botella que en aras es el que restringe la producción de la planta en la empresa PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA., con el fin de desarrollar un nuevo diseño de solución de operaciones por medio de la Teoría de restricciones (TOC).
- ✓ Definir las prioridades de los pedidos de la empresa PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA., para evitar la congestión en el flujo de producción del sistema.
- ✓ Diseñar un sistema Tambor, Amortiguador, Cuerda en la empresa PLÁSTICOS Y EMPAQUES CARTAGENA LTDA., con el propósito de disminuir el Lead Time de los pedidos.

DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES

El Sistema S-DBR - PLASTEMPAC ® está hecho en Microsoft Excel 2007®, y básicamente es una hoja de cálculo a la cual se le ingresa la información de los pedidos y esta a través de macros pre-programadas y a partir de parámetros previamente establecidos a partir de los postulados de Goldratt, sirve como herramienta de ayuda para la planeación y programación de la producción, y su esquema general se muestra a continuación:

S-DBR - PLASTEMPAC ®														
Día Actual:	20/09/2009	0		0,00%		Libere ordenes inmediatamente, porque sino los recursos restrictivos tendrán que parar								
Hora Actual:	08:00 a.m.													
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	>100	
Orden	Descripción	Cantidad (K)	Precio de Venta	Costo Total	Margen	Tiempo en RCC	Trough	Fecha de Entrega	Hora Exacta	Amortiguador	Días Restantes	Horas Restantes	Penetración	Estado Actual
1	ALT1	1354	4100	2750	1350	23	58,70	24/09/2009	05:00 p.m.	46	4	9	-11%	PL
2	BAJ3	1500	3100	2300	800	25	32,00	23/09/2009	05:00 p.m.	50	3	9	-34%	PL
3	BAJ4	1137	3450	2450	1000	19	52,63	26/09/2009	12:00 p.m.	38	6	4	37%	PL
4	BAJ2	995	3300	2250	1050	17	61,76	26/09/2009	12:00 p.m.	34	6	4	53%	PL
5	ALT4	1128	3550	2600	950	19	50,00	25/09/2009	05:00 p.m.	38	5	9	29%	PL
6	ALT2	1100	3600	2600	1000	19	52,63	29/09/2009	05:00 p.m.	38	9	9	113%	PL
7	ALT4	1250	3550	2600	950	21	45,24	30/09/2009	05:00 p.m.	42	10	9	112%	PL
8	ALT1	1050	4100	2750	1350	18	75,00	3/10/2009	12:00 p.m.	36	13	4	200%	PL
9	BAJ3	1451	3100	2300	800	25	32,00	3/10/2009	12:00 p.m.	50	13	4	116%	PL
10	BAJ3	1517	3100	2300	800	26	30,77	2/10/2009	05:00 p.m.	52	12	9	102%	PL
11	BAJ2	1650	3300	2250	1050	28	37,50	1/10/2009	05:00 p.m.	56	11	9	73%	PL
12	BAJ2	1356	3300	2250	1050	23	45,65	5/10/2009	05:00 p.m.	46	15	9	180%	PL
13	BAJ4	1200	3450	2450	1000	20	50,00	7/10/2009	12:00 p.m.	40	17	4	250%	PL
14	ALT4	1025	3550	2600	950	18	52,78	5/10/2009	05:00 p.m.	36	15	9	258%	PL
15	ALT2	1548	3600	2600	1000	26	38,46	25/09/2009	05:00 p.m.	52	5	9	-6%	PL
16	BAJ4	1338	3450	2450	1000	23	43,48	1/10/2009	05:00 p.m.	46	11	9	111%	PL
17	ALT1	1595	4100	2750	1350	27	50,00	6/10/2009	05:00 p.m.	54	16	9	154%	PL
18	BAJ3	1430	3100	2300	800	24	33,33	3/10/2009	12:00 p.m.	48	13	4	125%	PL
19	BAJ1	1700	3600	2700	900	29	31,03	3/10/2009	12:00 p.m.	58	13	4	86%	PL
20	BAJ2	1349	3300	2250	1050	23	45,65	2/10/2009	05:00 p.m.	46	12	9	128%	PL
21	ALT2	1573	3600	2600	1000	27	37,04	5/10/2009	05:00 p.m.	54	15	9	139%	PL

Para cada orden se ingresa la siguiente información:

- # de la Orden
- Descripción de la orden
- Cantidad a producir en Kilogramos
-

Orden	Descripción	Cantidad (Kg)
1	ALT1	1354

Al ingresar estos datos, automáticamente el sistema hace una búsqueda vertical en una matriz predeterminada de precios de venta y costo, y trae para cada orden: El Precio de Venta y el Costo Total.

Precio de Venta	Costo Total
4100	2750

Automáticamente, calcula la diferencia entre el precio de venta y el costo de cada orden, previamente establecidos:

Margen
1350

A partir de la cantidad de kilogramos a producir calcula el tiempo que se demorará cada orden en el recurso restrictivo (RCC), y debido a esto calcula el Tiempo en el RCC, y por lo tanto el throughput, que viene a ser la velocidad a la que cada pedido genera dinero.

Tiempo en RCC	Throughput
23	58,70

Adicionalmente para cada orden de producción se tiene la fecha de entrega pactada, y la hora exacta a la cual se le debe entregar la orden al cliente.

Fecha de Entrega	Hora Exacta
24/09/2009	05:00 p.m.

A partir de lo anterior, y en base a la fecha actual y la hora actual, se calcula el amortiguador, los días restantes y las horas restantes respectivas.

Día Actual:	20/09/2009
Hora Actual:	08:00 a.m.

Amortiguador	Días Restantes	Horas Restantes
46	4	9

Finalmente, se calcula el indicador más importante que es el porcentaje de penetración para cada orden, y que corresponde a la herramienta de decisión sobre que ordenes liberar primero y cuales después, dependiendo del color establecido.

COLOR	PENETRACIÓN	SIGNIFICADO
Black	<0%	La liberación de la orden debe ser inmediata
Red	0% y 32%	La orden debe ser liberada
Yellow	33% y 66%	La orden debe ser liberada siempre y cuando poseamos capacidad
Green	67% y 100%	La orden puede ser liberada siempre y cuando haya capacidad
Blue	>100%	Se tiene tiempo de sobra para fabricar el pedido, por lo que no se debe liberar todavía

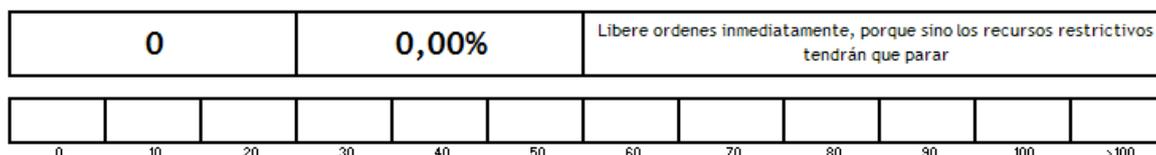
Para cada pedido se calcula este porcentaje de penetración del amortiguador:

Al ingresar la orden en el sistema, esta llega con el estado PL: Por liberar, y cuando se libera se cambia a EP: En Proceso; cuando esta es terminada debe cambiarse a T: Terminada:

Penetración
-11%
-34%
37%
53%
29%
113%
112%
200%
116%
102%
73%
180%
250%

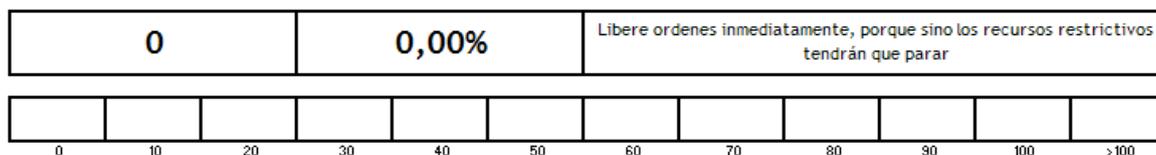
Estado Actual
PL
EP
T
PL

Automáticamente, se va cambiando el estado de las órdenes, se debe tener en cuenta la cuerda, para no liberar más de la capacidad de nuestro recurso restrictivo:

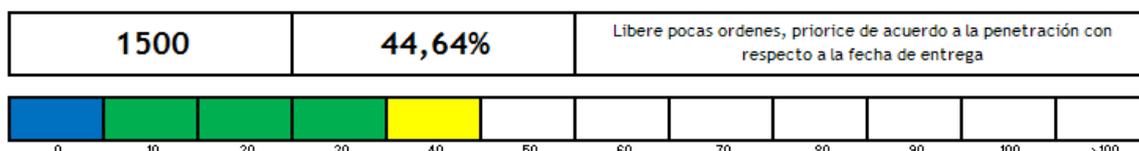


A medida que se van liberando las órdenes, este indicador se va llenando y nos indica cuando parar, y nos va a medida que va aumentando indicando lo que debemos hacer, a continuación se muestran algunos casos:

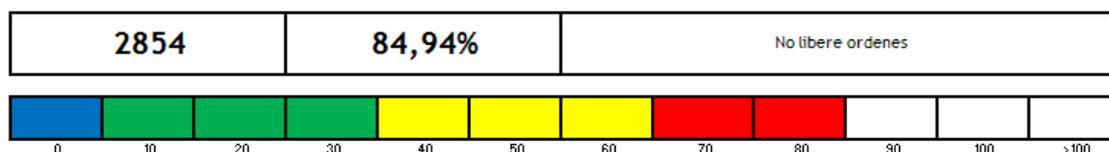
Caso A. No hay ninguna orden en el sistema en el momento, por lo tanto el software nos muestra un mensaje que debemos liberar ordenes inmediatamente, porque sino los recursos restrictivos tendrán que parar:



Caso B. En este caso muy probablemente se ha liberado una orden de 1500 kilogramos, lo que implica que se tiene consumido un 44,64%, lo que implica que se deben seguir liberando órdenes, pero que hay que tener en cuenta la priorización con respecto a la fecha de entrega:

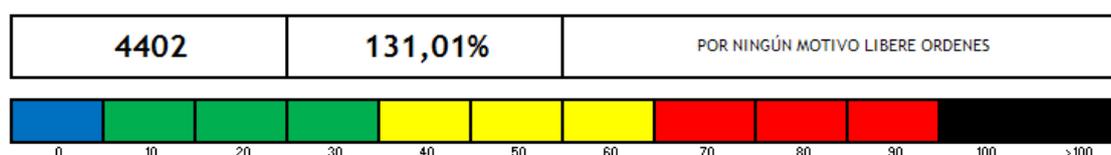


Caso C. En este caso se han liberado órdenes que suman un total de 2854 kilos, lo que representa un consumo del 84,94% del amortiguador, y esto indica que se encuentra en la zona roja, por lo que se recomienda no liberar órdenes, porque esto podría congestionar el sistema y hacer que se genere mucha confusión:



Sin embargo, el horizonte de planeación todavía no se ha llenado por completo, por lo que es posible liberar y comenzar a fabricar otra orden siempre y cuando esta no exceda los límites del amortiguador y cuanto esta sea supremamente urgente.

Caso D. En el presente caso, se han liberado cierta cantidad de órdenes y estas suman más de 3360 kilogramos, lo que implica que dentro del horizonte de planeación no se podrán realizar y el amortiguador supera el 100%, incluso es de 131,01%, lo que indica que por ningún motivo se deben liberar órdenes.



3.4.3.1 Ejemplo ilustrativo de funcionamiento del Sistema S-DBR – PLASTEMPAC®

Resulta necesario realizar un ejemplo ilustrativo del funcionamiento de sistema diseñado, por lo que se tomaran como base, los pedidos existentes en la compañía el 19 de Septiembre de 2009.

Ese día, la empresa tenía en backorder 21 pedidos, en donde se pueden resumir de la siguiente manera por el tipo de referencia y la cantidad total de kilogramos pedidos.

# Orden	ALT1	ALT2	ALT4	BAJ1	BAJ2	BAJ3	BAJ4	Total x orden
1	1.354							1.354
2						1.500		1.500
3							1.137	1.137
4					995			995
5			1.128					1.128
6		1.100						1.100
7			1.250					1.250
8	1.050							1.050
9						1.451		1.451
10						1.517		1.517
11					1.650			1.650
12					1.356			1.356
13							1.200	1.200
14			1.025					1.025
15		1.548						1.548
16							1.338	1.338
17	1.595							1.595
18						1.430		1.430
19				1.700				1.700
20					1.349			1.349
21		1.573						1.573
Total general	3.999	4.221	3.403	1.700	5.350	5.898	3.675	28.246

Automáticamente el sistema, al ingresar los 21 pedidos junto con sus fechas de entrega, calcula cada uno de los datos fuentes de la planeación y programación.

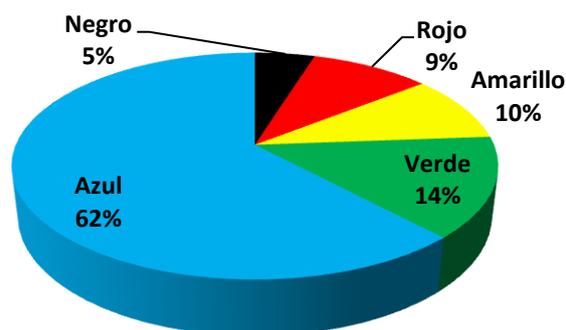
S-DBR - PLASTEMPAC ®																										
Día Actual: 19/09/2009		0		0,00%		Libere ordenes inmediatamente, porque sino los recursos restrictivos tendrán que parar																				
Hora Actual: 08:00 a.m.																										
<table border="1"> <tr> <td>0</td><td>10</td><td>20</td><td>30</td><td>40</td><td>50</td><td>60</td><td>70</td><td>80</td><td>90</td><td>100</td><td>>100</td> </tr> </table>															0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	>100
0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	>100															
Orden	Descripción	Cantidad (Kg)	Precio de Venta	Costo Total	Margen	Tiempo en RCC	Trough	Fecha de Entrega	Hora Exacta	Amortiguador	Días Restante	Horas Restante	Penetración	Estado Actual												
1	ALT1	1354	4100	2750	1350	23	58,70	24/09/2009	05:00 p.m.	46	5	9	7%	PL												
2	BAJ3	1500	3100	2300	800	25	32,00	23/09/2009	05:00 p.m.	50	4	9	-18%	PL												
3	BAJ4	1137	3450	2450	1000	19	52,63	26/09/2009	12:00 p.m.	38	7	4	58%	PL												
4	BAJ2	995	3300	2250	1050	17	61,76	26/09/2009	12:00 p.m.	34	7	4	76%	PL												
5	ALT4	1128	3550	2600	950	19	50,00	25/09/2009	05:00 p.m.	38	6	9	50%	PL												
6	ALT2	1100	3600	2600	1000	19	52,63	29/09/2009	05:00 p.m.	38	10	9	134%	PL												
7	ALT4	1250	3550	2600	950	21	45,24	30/09/2009	05:00 p.m.	42	11	9	131%	PL												
8	ALT1	1050	4100	2750	1350	18	75,00	3/10/2009	12:00 p.m.	36	14	4	222%	PL												
9	BAJ3	1451	3100	2300	800	25	32,00	3/10/2009	12:00 p.m.	50	14	4	132%	PL												
10	BAJ3	1517	3100	2300	800	26	30,77	2/10/2009	05:00 p.m.	52	13	9	117%	PL												
11	BAJ2	1650	3300	2250	1050	28	37,50	1/10/2009	05:00 p.m.	56	12	9	88%	PL												
12	BAJ2	1356	3300	2250	1050	23	45,65	5/10/2009	05:00 p.m.	46	16	9	198%	PL												
13	BAJ4	1200	3450	2450	1000	20	50,00	7/10/2009	12:00 p.m.	40	18	4	270%	PL												
14	ALT4	1025	3550	2600	950	18	52,78	5/10/2009	05:00 p.m.	36	16	9	281%	PL												
15	ALT2	1548	3600	2600	1000	26	38,46	25/09/2009	05:00 p.m.	52	6	9	10%	PL												
16	BAJ4	1338	3450	2450	1000	23	43,48	1/10/2009	05:00 p.m.	46	12	9	128%	PL												
17	ALT1	1595	4100	2750	1350	27	50,00	6/10/2009	05:00 p.m.	54	17	9	168%	PL												
18	BAJ3	1430	3100	2300	800	24	33,33	3/10/2009	12:00 p.m.	48	14	4	142%	PL												
19	BAJ1	1700	3600	2700	900	29	31,03	3/10/2009	12:00 p.m.	58	14	4	100%	PL												
20	BAJ2	1349	3300	2250	1050	23	45,65	2/10/2009	05:00 p.m.	46	13	9	146%	PL												
21	ALT2	1573	3600	2600	1000	27	37,04	5/10/2009	05:00 p.m.	54	16	9	154%	PL												

Siendo las 8:00 a.m. de ese día, el sistema se encuentra vacío, por lo que es necesario que se liberen las órdenes inmediatamente, por lo que se tiene que tener en cuenta la penetración del amortiguador.

Por lo tanto, hay que organizar los pedidos por el que tenga mayor porcentaje de penetración del amortiguador, tal cual como se muestra en la siguiente figura:

Orden	Descripción	Cantidad (Kg)	Penetración	Estado Actual
2	BAJ3	1500	-18%	PL
1	ALT1	1354	7%	PL
15	ALT2	1548	10%	PL
5	ALT4	1128	50%	PL
3	BAJ4	1137	58%	PL
4	BAJ2	995	76%	PL
11	BAJ2	1650	88%	PL
19	BAJ1	1700	100%	PL
10	BAJ3	1517	117%	PL
16	BAJ4	1338	128%	PL
7	ALT4	1250	131%	PL
9	BAJ3	1451	132%	PL
6	ALT2	1100	134%	PL
18	BAJ3	1430	142%	PL
20	BAJ2	1349	146%	PL
21	ALT2	1573	154%	PL
17	ALT1	1595	169%	PL
12	BAJ2	1356	198%	PL
8	ALT1	1050	222%	PL
13	BAJ4	1200	270%	PL
14	ALT4	1025	281%	PL

El resultado, muestra que se tienen las siguientes conclusiones iniciales:

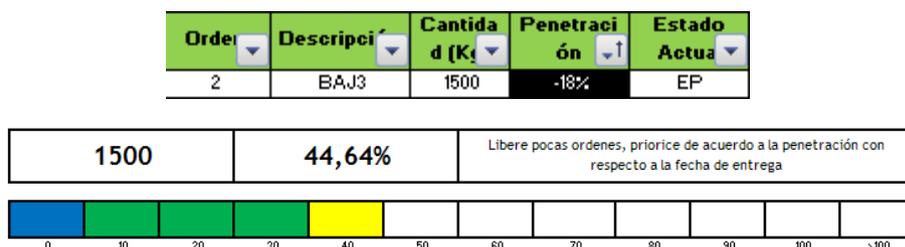


- El 5% de los pedidos (1) se encuentra en negro, en donde el pedido no fue el primero en llegar, sino el segundo y a la fecha tiene un porcentaje de consumo del -18%, lo cual implica que estos pedidos están atrasadísimos con respecto a su fecha de entrega.

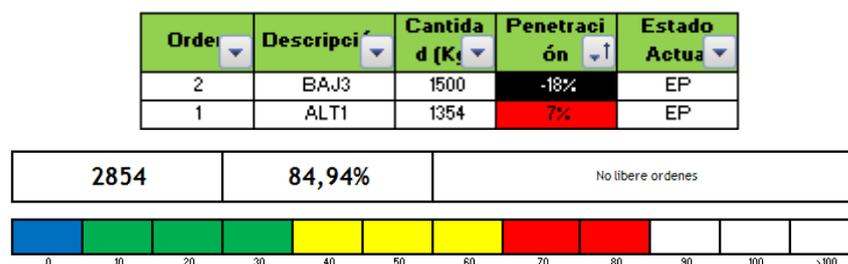
- ☑ Se encuentra también, dos pedidos en estado rojo, lo cual representa un 9% aproximadamente, y estos pedidos están atrasados y se pueden cumplir en su totalidad, pero hay que estar muy atento.
- ☑ Existen dos pedidos en estado amarillo, con porcentajes de penetración oscilando entre el 50% y el 58%
- ☑ Finalmente se encuentran 3 pedidos (14%) en estado verde, y 13 pedidos (62%) en estado azul.

Lo que se debe hacer, es empezar a liberar los pedidos con porcentaje de penetración en negro, luego los rojos, y visualizar el comportamiento de la capacidad total de sistema y tener en cuenta que el sistema no se sobrecargue. Entonces, se liberarán en su orden los pedidos: 2, 1 y 15, tal cual como se muestra a continuación:

Liberando el pedido 2:



Liberando el pedido 1:

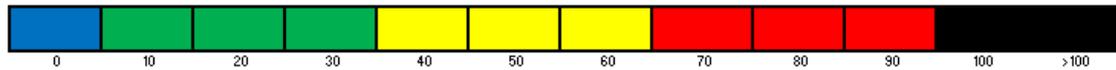


Hasta el momento el porcentaje de llenado del amortiguador de liberación es del 84,94% para el horizonte de planeación de 4 días, por lo que es recomendable que se siga liberando.

Liberando el pedido 15:

Orden	Descripción	Cantidad (Kg)	Penetración	Estado Actual
2	BAJ3	1500	-18%	EP
1	ALT1	1354	7%	EP
15	ALT2	1548	10%	EP

4402	131,01%	POR NINGÚN MOTIVO LIBERE ORDENES
------	---------	----------------------------------



Luego que se liberan se deben monitorear el estado de cada una de las ordenes liberadas, y esperan que sean realizadas.

La simulación muestra que sólo podrán ser realizados 840 kilos diarios, por lo que el resultado al siguiente día, será:

S-DBR - PLASTEMPAC ®

Día Actual: 20/09/2009	3562	106,01%	POR NINGÚN MOTIVO LIBERE ORDENES
Hora Actual: 08:00 a.m.			

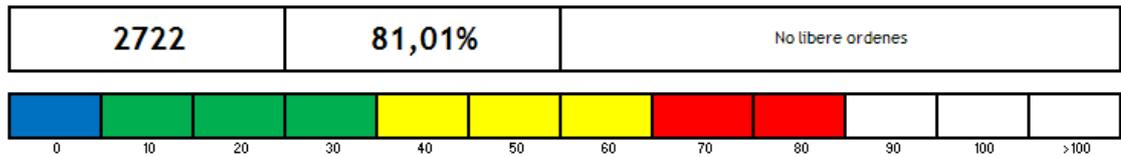
Orden	Descripción	Cantidad (Kg)	Precio de Venta	Costo Total	Margen	Tiempo en RCC	Trough	Fecha de Entreg	Hora Exact	Amortiguador	Días Restant	Horas Restant	Penetración	Estado Actual
2	BAJ3	660	3100	2300	800	11	72,73	23/09/2009	05:00 p.m.	22	3	9	50%	EP
1	ALT1	1354	4100	2750	1350	23	58,70	24/09/2009	05:00 p.m.	46	4	9	-10%	EP
15	ALT2	1548	3600	2600	1000	26	38,46	25/09/2009	05:00 p.m.	52	5	9	-6%	EP
5	ALT4	1128	3550	2600	950	19	50,00	25/09/2009	05:00 p.m.	38	5	9	23%	PL
3	BAJ4	1137	3450	2450	1000	19	52,63	26/09/2009	12:00 p.m.	38	6	4	37%	PL
4	BAJ2	995	3300	2250	1050	17	61,76	26/09/2009	12:00 p.m.	34	6	4	53%	PL
11	BAJ2	1650	3300	2250	1050	28	37,50	1/10/2009	05:00 p.m.	56	11	9	73%	PL
19	BAJ1	1700	3600	2700	900	29	31,03	3/10/2009	12:00 p.m.	58	13	4	86%	PL
10	BAJ3	1517	3100	2300	800	26	30,77	2/10/2009	05:00 p.m.	52	12	9	102%	PL
16	BAJ4	1338	3450	2450	1000	23	43,48	1/10/2009	05:00 p.m.	46	11	9	116%	PL
7	ALT4	1250	3550	2600	950	21	45,24	30/09/2009	05:00 p.m.	42	10	9	112%	PL
9	BAJ3	1451	3100	2300	800	25	32,00	3/10/2009	12:00 p.m.	50	13	4	116%	PL
6	ALT2	1100	3600	2600	1000	19	52,63	29/09/2009	05:00 p.m.	38	9	9	113%	PL
18	BAJ3	1430	3100	2300	800	24	33,33	3/10/2009	12:00 p.m.	48	13	4	125%	PL
20	BAJ2	1349	3300	2250	1050	23	45,65	2/10/2009	05:00 p.m.	46	12	9	128%	PL
21	ALT2	1573	3600	2600	1000	27	37,04	5/10/2009	05:00 p.m.	54	15	9	133%	PL
17	ALT1	1595	4100	2750	1350	27	50,00	6/10/2009	05:00 p.m.	54	16	9	154%	PL
12	BAJ2	1356	3300	2250	1050	23	45,65	5/10/2009	05:00 p.m.	46	15	9	180%	PL
8	ALT1	1050	4100	2750	1350	18	75,00	3/10/2009	12:00 p.m.	36	13	4	200%	PL
13	BAJ4	1200	3450	2450	1000	20	50,00	7/10/2009	12:00 p.m.	40	17	4	250%	PL
14	ALT4	1025	3550	2600	950	18	52,78	5/10/2009	05:00 p.m.	36	15	9	258%	PL

Podemos notar que del pedido #2 se realizaron 840 kilos, por lo que en la actualidad sólo restan 660 kilos de ese pedido. En este punto, si organizamos nuevamente el pedido número dos, tiene ahora un porcentaje de penetración del 50%, y hay pedidos que parecen ser urgentes, pero esto está relacionado con la cantidad de material a producir, por lo que se recomienda terminar el pedido 2, y luego comenzar el pedido 1.

Al finalizar el día 20, se han hecho todo lo correspondiente al pedido 2, y a este se le cambia el estado actual a T, y se saca del sistema.

Orden	Descripción	Cantidad (Kg)	Penetración	Estado Actual
2	BAJ3	0		T

Y se comienza el pedido 1, a lo cual el primer día se alcanzan a hacer 180 kilos. El sistema en forma general, vuelve a estar por debajo del 100%, como se muestra a continuación

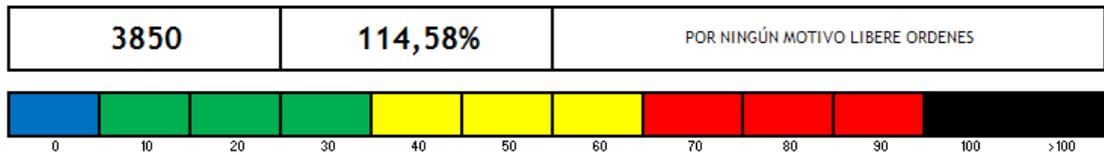


Por lo que se recomienda actualizar la tabla de prioridades y seguir liberando ordenes.

Al iniciar el día 21, el estado del sistema es el siguiente:

S-DBR - PLASTEMPAC ®														
Día Actual:	21/09/2009	2722	81,01%	No libere ordenes										
Hora Actual:	08:00 a.m.													
Orden	Descripción	Cantidad (Kg)	Precio de Venta	Costo Total	Margen	Tiempo en RCC	Trough	Fecha de Entreg	Hora Exact	Amortiguador	Dias Restan	Horas Restan	Penetración	Estado Actual
1	ALT1	1174	4100	2750	1350	20	67,50	24/09/2009	05:00 p.m.	40	3	9	-18%	EP
15	ALT2	1548	3600	2600	1000	26	38,46	25/09/2009	05:00 p.m.	52	4	9	-21%	EP
5	ALT4	1128	3550	2600	950	19	50,00	25/09/2009	05:00 p.m.	38	4	9	8%	PL
3	BAJ4	1137	3450	2450	1000	19	52,63	26/09/2009	12:00 p.m.	38	5	4	16%	PL
4	BAJ2	995	3300	2250	1050	17	61,76	26/09/2009	12:00 p.m.	34	5	4	29%	PL
11	BAJ2	1650	3300	2250	1050	28	37,50	1/10/2009	05:00 p.m.	56	10	9	59%	PL
19	BAJ1	1700	3600	2700	900	29	31,03	3/10/2009	12:00 p.m.	58	12	4	72%	PL
10	BAJ3	1517	3100	2300	800	26	30,77	2/10/2009	05:00 p.m.	52	11	9	87%	PL
16	BAJ4	1338	3450	2450	1000	23	43,48	1/10/2009	05:00 p.m.	46	10	9	93%	PL
7	ALT4	1250	3550	2600	950	21	45,24	30/09/2009	05:00 p.m.	42	9	9	93%	PL
9	BAJ3	1451	3100	2300	800	25	32,00	3/10/2009	12:00 p.m.	50	12	4	100%	PL
6	ALT2	1100	3600	2600	1000	19	52,63	29/09/2009	05:00 p.m.	38	8	9	92%	PL
18	BAJ3	1430	3100	2300	800	24	33,33	3/10/2009	12:00 p.m.	48	12	4	108%	PL
20	BAJ2	1349	3300	2250	1050	23	45,65	2/10/2009	05:00 p.m.	46	11	9	111%	PL
21	ALT2	1573	3600	2600	1000	27	37,04	5/10/2009	05:00 p.m.	54	14	9	124%	PL
17	ALT1	1695	4100	2750	1350	27	50,00	6/10/2009	05:00 p.m.	54	15	9	138%	PL
12	BAJ2	1356	3300	2250	1050	23	45,65	5/10/2009	05:00 p.m.	46	14	9	163%	PL
8	ALT1	1050	4100	2750	1350	18	75,00	3/10/2009	12:00 p.m.	36	12	4	178%	PL
13	BAJ4	1200	3450	2450	1000	20	50,00	7/10/2009	12:00 p.m.	40	16	4	230%	PL
14	ALT4	1025	3550	2600	950	18	52,78	5/10/2009	05:00 p.m.	36	14	9	238%	PL

Debido a lo anterior, se recomienda liberar el pedido 5, por lo el estado del amortiguador de liberación queda así:



Al finalizar el día 21, se han hecho 840 kilogramos correspondientes a la orden 1, y quedan pendientes 1548 kilos de la orden 15 y 1128 de la orden 5.

Al iniciar el día 22, se terminan los 334, kilos de la orden 1, y se hacen 506 de la orden 15, restando 1042 kilos de esa orden, lo cual trae consigo que el amortiguador de liberación llegue a 64.58%, lo que implica que hay que liberar más ordenes.



El proceso se sigue haciendo, sin ningún contratiempo, hasta que comienza el día 25. Al inicio del día el estado del sistema se muestra a continuación:

S-DBR - PLASTEMPAC ®														
Día Actual:	25/09/2009	2622	78,04%	No libere ordenes										
Hora Actual:	08:00 a.m.													
Orden	Descripción	Cantidad (Kg)	Precio de Venta	Costo Total	Margen	Tiempo en RCC	Trough	Fecha de Entrega	Hora Exacta	Amortiguador	Días Restantes	Horas Restantes	Penetración	Estado Actual
5	ALT4	430	3550	2600	950	9	105,56	25/09/2009	05:00 p.m.	18	0	9	-50%	EP
3	BAJ4	1137	3450	2450	1000	19	52,63	26/09/2009	12:00 p.m.	38	1	4	-88%	EP
4	BAJ2	995	3300	2250	1050	17	61,76	26/09/2009	12:00 p.m.	34	1	4	-65%	EP
11	BAJ2	1650	3300	2250	1050	28	37,50	11/10/2009	05:00 p.m.	56	6	9	2%	PL
19	BAJ1	1700	3600	2700	900	29	31,03	31/10/2009	12:00 p.m.	58	8	4	17%	PL
6	ALT2	1100	3600	2600	1000	19	52,63	29/09/2009	05:00 p.m.	38	4	9	8%	PL
7	ALT4	1250	3550	2600	950	21	45,24	30/09/2009	05:00 p.m.	42	5	9	17%	PL
10	BAJ3	1517	3100	2300	800	26	30,77	21/10/2009	05:00 p.m.	52	7	9	25%	PL
16	BAJ4	1338	3450	2450	1000	23	43,48	11/10/2009	05:00 p.m.	46	6	9	24%	PL
9	BAJ3	1451	3100	2300	800	25	32,00	31/10/2009	12:00 p.m.	50	8	4	36%	PL
18	BAJ3	1430	3100	2300	800	24	33,33	31/10/2009	12:00 p.m.	48	8	4	42%	PL
20	BAJ2	1349	3300	2250	1050	23	45,65	21/10/2009	05:00 p.m.	46	7	9	41%	PL
21	ALT2	1573	3600	2600	1000	27	37,04	5/10/2009	05:00 p.m.	54	10	9	65%	PL
17	ALT1	1595	4100	2750	1350	27	50,00	6/10/2009	05:00 p.m.	54	11	9	80%	PL
12	BAJ2	1356	3300	2250	1050	23	45,65	5/10/2009	05:00 p.m.	46	10	9	93%	PL
8	ALT1	1050	4100	2750	1350	18	75,00	31/10/2009	12:00 p.m.	36	8	4	89%	PL
13	BAJ4	1200	3450	2450	1000	20	50,00	7/10/2009	12:00 p.m.	40	12	4	150%	PL
14	ALT4	1025	3550	2600	950	18	52,78	5/10/2009	05:00 p.m.	36	10	9	147%	PL

Cabe destacar que ese día a las 5 p.m., se debe entregar el pedido 5 del cual restan sólo 490 kilos, y al siguiente día se deben entregar dos pedidos que ya se encuentran liberados: 3 y 4. Lo más consecuente es terminar de realizar el pedido 5, y entregarlo ese mismo día. Por otra parte surge un dilema, y es que ese día sólo se tiene capacidad para procesar 350 kilos, y al día siguiente 840, lo que suma un total de 1190 kilos. Y para el día siguiente (26 de Septiembre) hay que entregar los pedidos 3 y 4, que suman en total 2132 kilos, lo que implica que uno de los dos pedidos no podrá ser entregado.

Estas es una de las ventajas del sistema, pues permite predecir con mucho grado de certeza, si estamos o no en capacidad de realizar un pedido, por lo que si cuando se pactó con el cliente esta fecha se hubiese hecho este análisis, la empresa no se hubiese comprometido sino hasta un día después, es decir el 27, porque realmente no está en capacidad de producirlo.

Existen varias opciones al respecto, la primera es realizar el pedido 3, y negociar con el cliente para que nos brinde un día más para terminar su pedido. O la opción que se considera más viable, y que en estos casos es posible, debido al tipo de empresa, son las entregas parciales, y esto se logra negociando con los clientes. Se supondrá la segunda opción, en dónde se harán 600 kilos del pedido 3, y 590 del pedido 4.

Al finalizar el día 27, se han realizado los 405 kilos restantes del pedido 4, y se hacen 455 kilos del pedido 3, restando tan sólo 82 kilos, por lo que hay que renegociar con el cliente para entregarle estos kilos restantes el 28.

Si se mira el sistema al inicial el día 27, se notan muchos pedidos en estado negro, lo que quiere decir que no se van a poder terminarlos todos, y esto demuestra que la planta no está en capacidad de cumplir con todos sus pedidos, por lo que debe buscar otras soluciones, o en este caso para cumplir

con todas las fechas debe renegociar con sus clientes, las fechas de entrega, y no comprometerse con más pedidos, pues no los podrá cumplir.

S-DBR - PLASTEMPAC ®																										
Día Actual: 27/09/2009		82		2,44%		Libere ordenes inmediatamente, porque sino los recursos restrictivos tendrán que parar																				
Hora Actual: 08:00 a.m.		<table border="1"> <tr> <td>0</td><td>10</td><td>20</td><td>30</td><td>40</td><td>50</td><td>60</td><td>70</td><td>80</td><td>90</td><td>100</td><td>>100</td> </tr> </table>													0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	>100
0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	>100															
Order	Descripci	Cantida d (K)	Precio de Venta	Costo Total	Marge	Tiempo en RCC	Trough	Fecha de Entreg	Hora Esact	Amortiguad or	Días Restant	Horas Restant	Penetraci ón	Estado Actua												
3	BAJ4	82	3450	2450	1000	2	500,00	26/09/2009	12:00 p.m.	4	-1	4	-200%	EP												
6	ALT2	1100	3600	2600	1000	19	52,63	29/09/2009	05:00 p.m.	38	2	9	-34%	PL												
11	BAJ2	1650	3300	2250	1050	28	37,50	1/10/2009	05:00 p.m.	56	4	9	-27%	PL												
7	ALT4	1250	3550	2600	950	21	45,24	30/09/2009	05:00 p.m.	42	3	9	-21%	PL												
16	BAJ4	1338	3450	2450	1000	23	43,48	1/10/2009	05:00 p.m.	46	4	9	-18%	PL												
19	BAJ1	1700	3600	2700	900	29	31,03	3/10/2009	12:00 p.m.	58	6	4	-10%	PL												
10	BAJ3	1517	3100	2300	800	26	30,77	2/10/2009	05:00 p.m.	52	5	9	-6%	PL												
9	BAJ3	1451	3100	2300	800	25	32,00	3/10/2009	12:00 p.m.	50	6	4	4%	PL												
20	BAJ2	1349	3300	2250	1050	23	46,65	2/10/2009	05:00 p.m.	46	5	9	7%	PL												
18	BAJ3	1430	3100	2300	800	24	33,33	3/10/2009	12:00 p.m.	48	6	4	8%	PL												
21	ALT2	1573	3600	2600	1000	27	37,04	5/10/2009	05:00 p.m.	54	8	9	35%	PL												
8	ALT1	1050	4100	2750	1350	18	75,00	3/10/2009	12:00 p.m.	36	6	4	44%	PL												
17	ALT1	1535	4100	2750	1350	27	50,00	6/10/2009	05:00 p.m.	54	9	9	50%	PL												
12	BAJ2	1356	3300	2250	1050	23	46,65	5/10/2009	05:00 p.m.	46	8	9	59%	PL												
14	ALT4	1025	3550	2600	950	18	52,78	5/10/2009	05:00 p.m.	36	8	9	103%	PL												
13	BAJ4	1200	3450	2450	1000	20	50,00	7/10/2009	12:00 p.m.	40	10	4	110%	PL												

Se supone que se negocia con los clientes, y estos dan un tiempo adicional de un día. Por lo que el sistema sigue en orden hasta el día 2 de Octubre del 2009, en dónde se evidencia que restan 977 kilogramos del pedido 10 y que esto no se podrá realizar con la capacidad actual, por lo que se debe renegociar con todos los clientes. Se suponen dos días adicionales para cada cliente.

Sin embargo, no podrá ser posible cumplirles, porque no se cuenta con la capacidad para atender los pedidos, actuales, y esto también se demostró anteriormente, por lo que se evidencia una restricción de tipo física, en dónde está mezclada con una del proceso de planeación y programación de producción, por lo que hay que aplicar proyectos de mejoramiento de procesos en la restricción actual, o en su defecto pasar al siguiente paso que es Elevar la restricción.

3.4.4 Elevar La Restricción Del Sistema.

Por ejemplo, se podrían realizar las siguientes actividades:

- 1) La compra de una nueva máquina similar a la restricción.
- 2) La contratación de más personas con las habilidades adecuadas

- 3) La incorporación de un nuevo proveedor de los materiales que actualmente son restricción
- 4) La construcción de una nueva fábrica para satisfacer una demanda en crecimiento.

La restricción del sistema se encuentra en el proceso de corte por lo que recomendamos la compra de una nueva máquina de corte con una capacidad aproximadamente de 30kg/hora, para poder nivelarla con el proceso de sellado. La capacidad de la empresa se aumentaría a 30.940 kg/mes, lo que quiere decir que el nuevo recurso restrictivo sería el proceso de sellado.

CONCLUSIONES

El anterior proyecto surgió del requerimiento que poseía la empresa en realizar un diagnóstico de la situación actual para de esta manera encontrar posibles soluciones que le permitieran mejorar su desempeño de forma global, lo que se materializa logrando aumentar el flujo de producción de la planta y disminuyendo el Lead Time de los pedidos.

Se partió de la realización del diagnóstico de la situación actual de la empresa, en dónde se describió el proceso productivo de la empresa, en dónde se explicó cada uno de los pasos realizados en la fabricación de las bolsas plásticas, lo cual permitió identificar qué tipo de planta según la clasificación propuesta por Goldratt era la que se estaba estudiando.

Lo anterior, permitió que se tuviera una mejor visualización de todo el proceso y ver la manera cómo cada una de las actividades están relacionadas para conseguir los objetivos de la empresa. El esquema metodológico de mejoramiento se hizo a través de las tres preguntas claves: ¿Qué Cambiar?, ¿Hacia Qué Cambiar?, y ¿Cómo Inducir el Cambio?

Al preguntarse por el qué cambiar, se buscaba encontrar la causa raíz de todos los problemas, por lo que se debe buscar la restricción del sistema. Para este caso en particular, se construyó el árbol de la realidad actual, en dónde se muestra como problema básico que cada día se están perdiendo clientes, y esto pone en peligro el futuro de la organización, y se concluye que sucede básicamente por tres causas principales: Existen demasiados inventarios en proceso, quieren mantener todos los recursos ocupados, y el más importante es que los tiempos de entrega son muy largos y no están en capacidad de cumplir con su demanda actual.

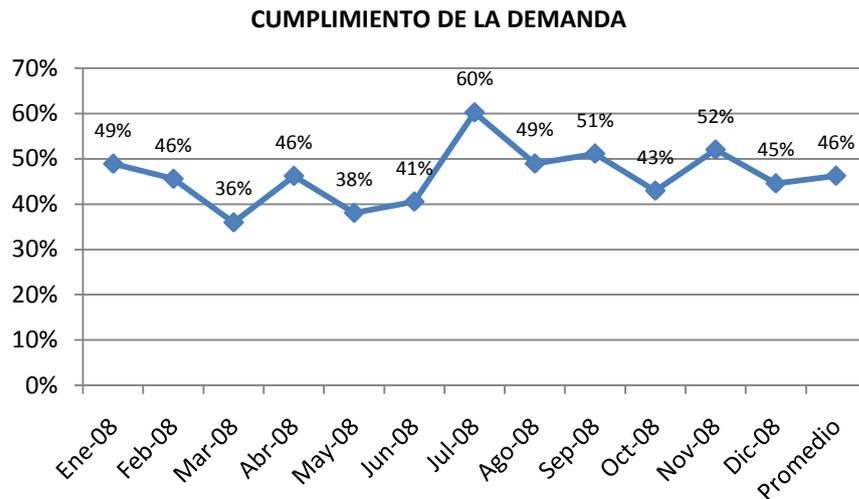
En este apartado se llega a la conclusión que para disminuir los lead time hay que finalmente como se debió hacer desde el principio, medir la empresa con indicadores locales, basados en el sistema Tambor - Amortiguador – Cuerda (TAC).

Cuando se respondió la pregunta hacia que cambiar, se concluye a evaporar las nubes de conflicto, que

- ✓ La restricción del sistema es la que determina a la planta el ritmo de todas las operaciones.
- ✓ Los recursos ociosos no necesariamente son un desperdicio para la planta.
- ✓ La cantidad máxima de pedidos que la empresa puede producir lo determina la restricción del sistema.
- ✓ Una hora perdida en la restricción, es una hora perdida en todo el sistema.

Finalmente, se responde la pregunta sobre cómo inducir el cambio, en donde se construye el plan de acción determinado, este plan de acción contempló iniciar por concientizar a las personas sobre la situación actual, y las posibles soluciones, y luego de esto se realizaron los 5 pasos para la focalización.

Se partió por identificar la restricción del sistema; inicialmente se creyó que la restricción estaba en el mercado por lo que se podría aplicar el sistema tambor-amortiguador-cuerda-simplificado, pero analizando las demandas con la producción se evidencia en que las ventas siempre están por debajo de la demanda mensual, y que el cumplimiento está entre el rango de 36% a 60% como máximo, obteniendo un valor promedio de 46%.

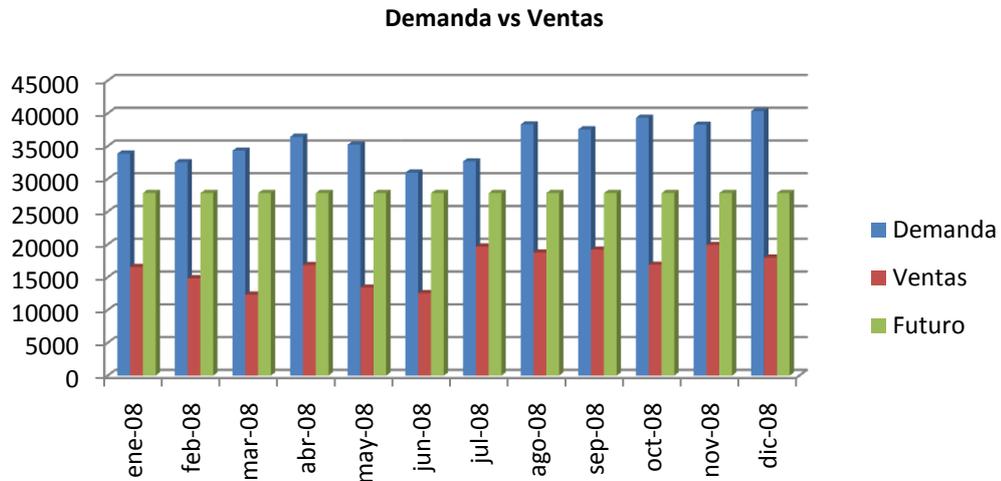


Luego se procedió a identificar la restricción de manera interna, en dónde se descubrió que de los cuatro procesos (Extrusión, Corte, Sellado y Empacado), el corte representaba el cuello de botella, pues poseía la menor capacidad de producción, en donde tiene una capacidad de 60kg/h, lo cual indica 21.840 kg/mes.

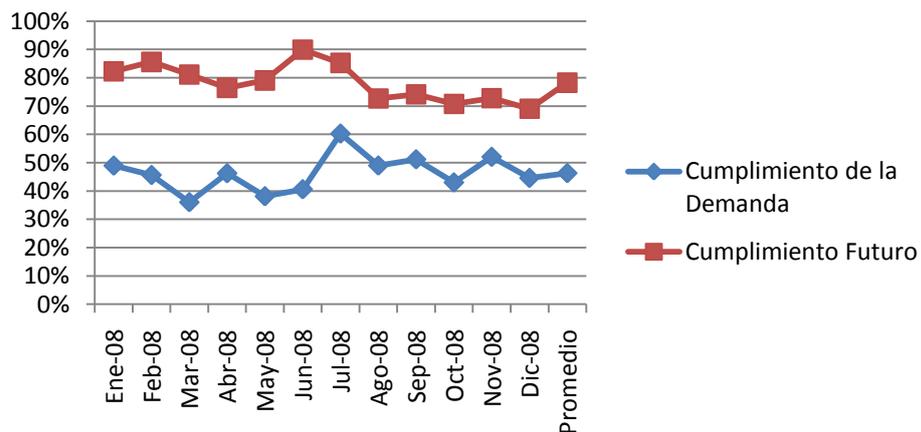
A partir de lo anterior, y en base al resto de postulados del sistema DBR, se construyó una herramienta aplicada para la planeación y programación de la producción, con el objetivo de definir las prioridades dentro del sistema, y esto se hace en base a un indicador denominado consumo del amortiguador, el cual permite decidir el orden de fabricación.

Finalmente este sistema realizado en Excel, muestra la necesidad inherente de elevar la restricción, pues como se mostró en la simulación realizada, no se cuenta con la capacidad actual para satisfacer ni siquiera la carga planeada, ni mucho menos la demanda total.

Al elevar la restricción, con la solución propuesta y garantizando que se opera con un 95% de eficiencia, y haciendo uso del sistema DBR propuesto, el gráfico de Venta Real, Demanda y Futuro con la restricción elevada sería el siguiente.



Lo anterior quiere decir que el cumplimiento, sería en promedio del 78%, en dónde durante el 2008 fue de 46%, como se muestra en la siguiente gráfica:



Este aumento de capacidad traerá consigo un aumento de 9100 kilogramos adicionales por mes, esto analizando un valor promedio de utilidad de 1000 pesos/kilogramo, representa un ingreso adicional de 9.100.000, en dónde la inversión oscila entre 10 y 12 millones de pesos, lo que quiere decir que antes que se acaba el segundo mes, ya hemos recuperado la inversión total inicial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✓ ARTOLA GRADOS, Carlos. Modelo DBR en procesos productivos – Aplicando la teoría de restricciones. Lima-Perú, 2004. Tesis de Grado (Ingeniero Industrial) Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Ingeniería Industrial.
- ✓ CORBETT, Thomas. Contabilidad Del Truput. Segunda Edición Editorial. Prentice Hall. México.
- ✓ GOLDRATT, Eliyahu M. Critical Chain, North River Press, Great Barrington, MA. 1997.
- ✓ _____The Goal, 2nd Revised Edition, Great Barrington, MA: North River Press. 1992.
- ✓ _____ El Síndrome Del Pajar. Primera Edición. Ediciones Castillo, Monterrey México.
- ✓ _____ Insights Into Operations.
- ✓ _____ No Fue La Suerte. Segunda Edición. Ediciones Castillo, Monterrey México.
- ✓ GONZÁLEZ GÓMEZ, José Arturo. Desarrollo de una metodología de implementación de los conceptos de TOC (Teoría de restricciones) para empresas colombianas. Cali. 2003, 30 p. Tesis de Grado (Ingeniero Industrial) ICESI. Facultad de Ingeniería Industrial.
- ✓ SCHRAGENHEIM, Eli & DETTMER, William. Manufacturing at Warp Speed. Primera Edición. Editorial Prentice Hall. New York USA 2001.