

*Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores
de Monterrey*

Campus Monterrey

División de Ingeniería y Arquitectura

*Escuela de Graduados en Administración y
Dirección de Empresas*



**TECNOLÓGICO
DE MONTERREY**

*"Desarrollo y Aplicación de una Metodología para
Incrementar la Eficiencia de Operaciones."*

TESIS

**PRESENTANDO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
GRADO ACADÉMICO DE:**

MAESTRO EN DIRECCIÓN PARA LA MANUFACTURA

José Martín Toranzo Benavente

Monterrey, Nuevo León.

Julio 2005

***Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores
de Monterrey***
Campus Monterrey

División de Ingeniería y Arquitectura

*Escuela de Graduados en Administración y
Dirección de Empresas*



**TECNOLÓGICO
DE MONTERREY**

*“Desarrollo y Aplicación de una Metodología para
Incrementar la Eficiencia de Operaciones.”*

TESIS

**PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
GRADO ACADÉMICO DE:**

MAESTRO EN DIRECCIÓN PARA LA MANUFACTURA

José Martín Toranzo Benavente

Monterrey, Nuevo León.

Julio 2005

Indice

Lista de Figuras y Tablas.....	A
Capítulo I. Introducción.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Definición del Problema.....	3
1.3 Propósito.....	4
1.4 Objetivos.....	4
1.5 Hipótesis.....	5
1.6 Metodología de Investigación.....	6
Capítulo II. Marco Teórico.....	9
2.1 Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing).....	9
2.2 Teoría de Restricciones (TOC).....	13
Capítulo III. Desarrollo de la Metodología para Incrementar la eficiencia de operaciones.....	23
3.1 Introducción.....	23
3.2 Lean y Teoría de Restricciones – Puntos en Común.....	23
3.3 Lean y Teoría de Restricciones – Diferencias.....	30
3.4 Medidas de Desempeño.....	33
3.5 Desarrollo de la Metodología.....	34
Capítulo IV. Caso Práctico de Aplicación:.....	53
4.1 Empresa.....	53
4.2 Proceso de Producción.....	54
4.3 Productos.....	55
4.4 Descripción del Proceso.....	55
4.5 Descripción Individual por Sistemas.....	56
4.6 Problemática.....	59
4.7 Conclusiones.....	64
Capítulo V. Resultados de la Aplicación.....	65
5.1 Definir.....	65
5.2 Analizar.....	68
5.3 Implementar.....	72
5.4 Controlar.....	80
Capítulo VI. Conclusiones e investigaciones posteriores.....	86
6.1 Introducción.....	86
6.2 Investigaciones Posteriores.....	89

Lista de Imágenes, Tablas y Gráficas

Imagen 1 Metodología	35
Imagen 2 Definir.....	35
Imagen 3 Fases QFD.....	40
Imagen 4 Analizar	43
Imagen 5 Implementar	45
Imagen 6 Matriz de Relación de Herramientas.....	48
Imagen 7 Controlar	51
Imagen 8 Diagrama de Proceso de Producción	54
Imagen 9 Layout Empaque B.....	56
Imagen 10 Mapa completo de Valor	70
Tabla 1 Resultados Promedio Estudio de Sales e Inman	6
Tabla 2 Toneladas vs Costo de Desperdicio	64
Tabla 3 Resultado Promedio de Encuestas	66
Tabla 4 Resultados de Análisis de Capacidad.....	68
Tabla 5 Reducción del Desperdicio	80
Gráfica 1 Inventario Total.....	60
Gráfica 2 Porcentaje de Inventarios.....	60
Gráfica 3 Rotación Inicial de Inventario	61
Gráfica 4 Porcentaje Inicial Ordenes a Tiempo	62
Gráfica 5 Throughput Dollar Day Inicial	63
Gráfica 6 Porcentaje de Desperdicio	64
Gráfica 7 Resultados de Herramientas	72
Gráfica 8 Tendencia Reducción de Scrap	81
Gráfica 9 Tendencia Ordenes a Tiempo	82
Gráfica 10 Comportamiento Ordenes	82
Gráfica 11 Tendencia del Inventario	83
Gráfica 12 Tendencia TDD	84

Dedicatoria

A mis Padres:

Dr. José Martín Toranzo Fernández

Dra. Graciela Irene Benavente Leija

Por ser los pilares de mi vida, por el apoyo incondicional que siempre he recibido de ellos, por la confianza y libertad que me dieron para seguirme preparando, por enseñarme con el ejemplo.

A mis Abuelos:

Dr. Jorge Benavente Z. (q.e.p.d)

QFB. María Luisa Leija L.

Por enseñarme la importancia de luchar por mis ideales, por enseñarme la importancia de la democracia, la justicia y la tolerancia, por su ejemplo y cariño.

Al Amor de mi Vida:

LIN. Victoria Córdova Cid

Por su paciencia, por su cariño, por su comprensión, por siempre estar ahí en los momentos difíciles, por creer en mí

A mi Hermano:

Jorge Alfonso Toranzo Benavente

Por su apoyo y motivación, por creer en mi

A mis Amigos:

Ing. Hiram A. Flores Tavizón.

Ing. Romeo Ballinas González.

Ing. Juan José Aguilar Melgar.

Ing. Hugo Jesús Ochoa López.

Agradecimientos

*A **Dios** por brindarme la oportunidad de estudiar una maestría, por nunca desampararme, por llenar mi vida de bendiciones, por todo lo que me ha brindado.*

*A mi asesor **Dr. Alberto Rodríguez** por su valioso apoyo, por sus aportaciones y recomendaciones para poder concluir con éxito el presente trabajo, por la calidad de su trabajo docente, por su paciencia.*

*A mis sinodales **Dr. Nicolás Hendrichs** y **Ing. Felipe Quintanilla**, por sus valiosas aportaciones para enriquecer esta tesis.*

*Al **Ing. Ricardo Díaz**, Gerente de Cocimiento de UCAR Carbón Mexicana por su apoyo para la realización de esta tesis, por brindarme todos los recursos e información necesarios para sustentar este trabajo.*

*A la **MA. Rocío Sáiz Gómez** por su amistad y apoyo durante toda esta experiencia*

*Al **Arq. Carlos González** por su amistad.*

*A la **Lic. Orelia Villarreal** por su paciencia y apoyo.*

*A la mis compañeros de la maestría, **Alfonso Verduzco**, **José Ruysanchez**, **Alejandra Barrena** por su amistad y consejos.*

*A la familia **Benavente-Wagner** por su apoyo y motivación.*

*A la **Arq. Imelda Benavente** por su motivación y cariño.*

RESUMEN

Si el mundo a nuestro alrededor fuera estático, la tarea de administrar sería relativamente sencilla, pero este no es el caso, nos encontramos en un mundo muy competitivo y sumamente cambiante. Heráclito dijo que la única constante en el mundo es el cambio, y es este cambio el que genera la necesidad de una toma constante de decisiones.

El objetivo del presente trabajo de tesis, es desarrollar, implementar y validar un modelo que integre los principales conceptos de las filosofías de Manufactura Esbelta, y Teoría de las Restricciones; con el fin de ofrecer una herramienta útil para todas aquellas organizaciones que tienen la necesidad de mejorar su desempeño, incrementando su eficiencia y productividad.

En el desarrollo de este trabajo se realizó un análisis y comparación de cada una de las metodologías, con el fin de encontrar los elementos comunes más importantes, sus diferencias fundamentales y la manera de integrarlos en una sola metodología. Con esto se propuso una metodología; que posteriormente es aplicada a una organización con la necesidad de mejorar su desempeño.

Los resultados obtenidos de aplicar la metodología permite ver los beneficios que obtiene una organización al integrar estas filosofías en una misma.

CAPITULO I. Introducción

1.1 Antecedentes

Dentro del siempre cambiante y competido mundo de los negocios, la constante lucha entre las compañías ha llevado a la generación y uso de diversas herramientas y técnicas en aras de incrementar productividad, mejorar calidad, ser más competitivo, ser más eficiente.

Sin embargo esta lucha, ha llevado a las organizaciones a buscar alternativas más sofisticadas pero más sencillas de implementar con la finalidad de alcanzar una ventaja competitiva sobre los demás, la cual en la mayoría de los casos se puede definir como ser la compañía más rentable, buscando alcanzar la posición más favorable en el escenario fundamental donde se realiza la competencia.

Debido a la creciente competencia en el mercado y al sinfín de herramientas y filosofías existentes en ocasiones es exageradamente difícil poder determinar cual será la más apropiada para utilizar dado que las herramientas comparten principios comunes, y en ocasiones utilizar las mejores prácticas de otras compañías tiene repercusiones graves por no estar diseñadas para operar en cualquier empresa, más bien están hechas a la medida.

Una de esas empresas es la que se presenta en esta tesis, la cual tenía la oportunidad de eficientizar sus operaciones, pero que se vio abrumada por la inmensidad de herramientas existentes para utilizar, las cuales carecían de sencillez y por lo cual en el presente trabajo, se muestra la aplicación de una sencilla herramienta derivada de la combinación dos filosofías en uno de los procesos productivos de dicha compañía.

Es un hecho que cualquier persona familiarizada con la teoría de restricciones propuesta por el Dr. Goldratt, percibe la inminencia del incremento del throughput y la disminución de los gastos de operaciones y el inventario como la clave para cumplir con la meta de las organizaciones la cual es hacer dinero ahora y en el futuro. (Balderstone et al. 1998)

Sin embargo para alcanzar esto se propone la necesidad de complementar esta teoría con los principios de Lean Manufacturing, utilizados por Taiichi Ohno y posteriormente dados a conocer por el Dr. Womack en su libro Lean Thinking, con la finalidad de alcanzar dicha ventaja competitiva de la que se habló anteriormente, la rentabilidad. (Bowen et al 1999)

En mi opinión, un dato importante es que actualmente, los administradores se han preocupado por crear la empresa perfecta, la empresa esbelta, la empresa de clase mundial, pero en honor a la verdad, ningún administrador se ha preocupado por crear la empresa rentable, la cual en muchos de los casos no es la perfecta, ni la más esbelta.

En cualquier parte de los procesos de las organizaciones, un elemento ha tomado singular importancia, dicho elemento es el cliente quien es el responsable de la operación de los negocios ya que sin ellos, las empresas no tendrían a quien vender sus productos, se puede decir que hasta cierto punto sin la existencia del cliente, no existirían los negocios ya que para que haya una transacción debe haber la existencia de un productor y un demandante. (Caspari 1994)

Los clientes pueden ser internos o externos, y la mayoría de las estrategias actuales se centran en la importancia que tiene el mantener los clientes existentes y buscar maneras mas eficientes de ganar nuevos, si es que se desea permanecer en el mercado.

Un punto importante también es que en este mundo globalizado, el cliente tiene distintas opciones de proveedores no solo nacionales sino internacionales los cuales pueden satisfacer sus necesidades a menores costos o a mayor velocidad, es por ello que cualquier organización tiene la obligación de optimizar sus procesos para ser más eficiente y competitivo logrando entregar productos de las más alta calidad a un bajo costo

1.2 Definición del Problema

Como ya se mencionó, en el mundo de los negocios se puede observar una constante competencia, la cual es más fuerte día con día y por ello los gerentes se enfrentan a la presión de una administración más compleja para lograr sobrevivir en el mercado.

El problema fundamental por el que se realizó el presente trabajo se puede dividir en dos:

- La baja rentabilidad de las organizaciones, calculada como $(\text{Throughput} - \text{Gastos Operación}) / \text{Inventario}$, y la baja productividad calculada como $\text{Throughput} / \text{Gastos de Operación}$, producto de las ineficiencias que limitan la habilidad de las organizaciones para sincronizar las operaciones, ocasionando una mala administración de los recursos disponibles, en especial los recursos restrictivos.
- La existencia de una gran variedad de herramientas disponibles para la solución de problemas en las organizaciones lo cual crea una gran confusión al momento de decidir cual es la mejor herramienta a utilizar.

Este problema tiene gran impacto en la rentabilidad de la empresa y todo esto se puede observar reflejado en la disminución del throughput, que en ocasiones va acompañado de un aumento en los gastos de operación y los inventarios.

1.3 Propósito

El propósito de investigación del presente trabajo se centra en facilitar a las organizaciones la decisión sobre que herramienta utilizar cuando se presentan problemas de ineficiencias que limitan su desempeño, mediante el desarrollo de una herramienta que combine los conceptos de las filosofías de Manufactura Esbelta y Teoría de Restricciones para que además de facilitar dicha toma de decisiones, busque mejorar dicho desempeño.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General:

La premisa fundamental de esta tesis se basa el desarrollo de la metodología basada en las filosofías de Lean Manufacturing, Teoría de Restricciones de manera que sea más robusta —más productivo y fácil de implementar— que cada una por si sola facilitando la sincronización de operaciones eficientizando los procesos.

El balance de esta tesis combina las filosofías antes mencionadas, culminando con la propuesta de una metodología para integrarlas.

1.4.2 Objetivo Especifico:

Aplicar la metodología generada de manera que facilite la sincronización de las operaciones en una empresa, utilizando las filosofías antes mencionadas para reducir los desperdicios e ineficiencias generando el mayor valor posible de la operación incrementando el throughput de la empresa o del proceso.

1.5 Hipótesis

Dada la importancia que tiene la sincronía y eficiencia de las operaciones y el impacto que esto representa en la rentabilidad de las organizaciones, el presente trabajo se realizó con la hipótesis de que el aplicar correctamente los conceptos de *lean manufacturing*, y teoría de restricciones, nos permite obtener una herramienta bastante robusta y muy poderosa que facilita la sincronización y la eficiencia de las operaciones además de reforzar el control del proceso.

Como ya se mencionó, la rentabilidad de la empresa es un factor importante por lo cual se pretende probar que el aplicar correctamente esta herramienta, además de hacer más eficientes los procesos, ayuda en la generación del throughput.

H₀: Herramienta (*Lean – TOC*) mejora las ineficiencias que limitan el desempeño de la organización.

Está claro que si se aplica correctamente la herramienta propuesta en este trabajo, se pueden eliminar gran número de ineficiencias, desperdicios y en este caso, esta herramienta se aplicó en la preparación de electrodos de grafito, la cual presentaba diversas ineficiencias como se verá más adelante.

Hablando de eficiencia podemos definirlo a grandes rasgos como toda la serie de desperdicios generados de una mala administración del proceso o de una mala utilización de los recursos disponibles para realizar el trabajo, lo cual impacta negativamente la habilidad del proceso o de la compañía según sea el caso, para generar dinero.

Mientras que por sincronización, entendemos que es la interacción a tiempo de todas las actividades o pasos relacionados con la operación de un proceso. (Schrageheim, Dettmer 2000)

1.6 *Justificación:*

Un estudio realizado por Sale e Inman, se hace una comparación del desempeño que tienen distintas compañías que utilizan la filosofía tradicional de manufactura, la filosofía de justo a tiempo, la filosofía de teoría de restricciones, y una combinación de teoría de restricciones y justo a tiempo.

El estudio hace énfasis en el desempeño de dichas compañías 3 años después de implementar dichas filosofías. Siguiendo los resultados de este estudio, se puede observar que las empresas que tuvieron un mejor desempeño son las empresas que implementaron la filosofía de teoría de restricciones combinado con la teoría de restricciones, y las que tuvieron un desempeño más limitado fueron las empresas que implementaron la filosofía tradicional.

La idea central que justifica el desarrollo del presente trabajo consiste en que al desarrollar una metodología que combine la teoría de restricciones con la manufactura esbelta generará una sinergia de conceptos los cuales robustecerán esta herramienta permitiéndole a las empresas que la utilizan abarcar un campo de mas amplio para la solución de problemas de ineficiencias.

En la siguiente tabla se muestra el resultado del promedio de las medidas de desempeño planteadas en el estudio, donde se observa que las empresas que tuvieron un mejor desempeño después de tres años de tener la filosofía implementada fueron las que tenían una filosofía mixta de TOC/JIT.

Filosofía	<i>n</i>	Antes	Actual	Cambio
<i>TOC</i>	27	0.073	0.256	0.183
<i>Tradicional</i>	45	0.290	0.195	-0.095
<i>JIT</i>	15	0.250	0.143	-0.107
<i>JIT/TOC</i>	25	0.115	0.415	0.300

Tabla 1. Promedio de los resultados promedio Estudio de Sale e Inman

1.7 Metodología de Investigación:

Con el objetivo de realizar un buen trabajo de Tesis, es importante realizar un estudio exhaustivo de la literatura existente respecto a todas las filosofías utilizadas para el desarrollo de la metodología propuesta en este trabajo. Todo esto con la finalidad de poder evaluar los diversos aspectos necesarios en la operación e implementación de dichas filosofías en las empresas y poder llegar a la elaboración de una herramienta robusta que pueda integrar sus elementos principales.

La manera en la que se pretende fundamentar toda la investigación consiste en una extensa revisión bibliográfica que abarque todos los temas que se incluyen en la metodología como Teoría de Restricciones, y Manufactura Esbelta, con la finalidad de recabar la mayor cantidad de información posible utilizando ejemplos, casos prácticos, y artículos para ver las ventajas y desventajas que se encuentran en sus distintos procesos e implementaciones.

El siguiente paso en este proceso de investigación consiste en hacer una comparación entre las filosofías de manera que se pueda hacer la integración de las mismas para el diseño y desarrollo de la herramienta tomando en cuenta los puntos comunes entre las filosofías.

Un punto importante en el desarrollo de esta metodología de investigación es la validación de la herramienta, esto se realizará aplicando la herramienta en una empresa que presente problemas de eficiencia y competitividad y de esta manera nos permita probar la funcionalidad de la herramienta.

En lo que respecta a la presentación de resultado y conclusiones es preciso aclarar que el tiempo de desarrollo implementación y validación fue corto (6 meses) por lo que solamente se presentarán algunos resultados preeliminares dado que los resultados en su totalidad no han sido documentados.

Por metodología entendemos que no es un método o una técnica, no es una garantía de solución; sino es, un alcance estructurado de guías que estimulan el proceso intelectual del análisis. Una metodología contiene métodos y / o técnicas y consiste en las siguientes etapas:

- 1) Definición del problema.
- 2) Ensamble de técnicas apropiadas.
- 3) Uso de técnicas para derivar posibles soluciones.
- 4) Seleccionar el costo / efectividad de la solución.
- 5) Implementar la solución.

El uso de una metodología facilita la toma de decisiones; generalmente en el desarrollo de una metodología se incluyen una lista de opciones y proporcionan criterios para discriminar entre ellas, además permiten visualizar un proyecto de manera sencilla. Esta metodología presenta un panorama de cómo pueden hacerse los proyectos, incluyendo el factor tiempo, por lo que el usuario podrá definir de una manera sencilla el tiempo que le llevará aplicarla completamente.

Para el diseño de la Metodología en base a los principales conceptos de la Manufactura Esbelta, y Teoría de Restricciones, que se presenta en los capítulos siguientes; esta basado un una serie de criterios, listados a continuación:

- a) La metodología debe estar diseñada bajo una serie de actividades concretas, las cuales deberán realizarse con el propósito de implementar un sistema esbelto.
- b) Su diseño debe de estar basado en conceptos, técnicas y herramientas adecuadas; básicamente en los conceptos principales de las dos metodologías, los cuales se mencionan en el capítulo III.

- c) Se debe diseñar la metodología de tal manera que sea fácil de visualizar, con el objetivo de permitir al usuario analizar el proyecto completo de manera sencilla.

- d) Su alcance no se limitará a las empresas manufactureras ya que puede ser aplicados en empresas de servicios.

- e) La metodología debe ser prescriptiva. Lo que significa que las sugerencias, mecanismos y sistemas sugeridos deben de ser concretos y de fácil implementación.

CAPITULO II. Marco Teórico

2.1 Manufactura Esbelta (*Lean Manufacturing*)

La Manufactura Esbelta (*Lean Manufacturing*) es un conjunto de herramientas que tienen como finalidad el eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto, servicio o procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere. (Bowen et al 1999)

Es importante recordar que toda actividad que no agrega valor, agrega costo, por lo que esta filosofía, originada en Japón, tiene grandes repercusiones en todo lo ancho de la empresa.

La Manufactura Esbelta es una filosofía de Mejora Continua que le permite a las compañías reducir sus costos, mejorar los procesos y eliminar los desperdicios para aumentar la satisfacción de los clientes y mantener el margen de utilidad lo que implica proporcionar a las compañías herramientas para sobrevivir en un mercado global que exige calidad más alta, entrega más rápida a más bajo precio y en la cantidad requerida.

Hablando de manera específica, la Manufactura Esbelta puede reducir la cadena de desperdicios dramáticamente debido a que busca la manera más eficiente de hacer las cosas generando el mínimo de desperdicio, reduce el inventario por considerarlo uno de los 8 desperdicios más comunes y el espacio en el piso de producción, crea sistemas de producción más robustos, crea sistemas de entrega de materiales más apropiados y mejora las distribuciones de planta para aumentar la flexibilidad.

Según Womack existen 7 tipos de desperdicios o *mudas*, los cuales se pueden definir específicamente como toda aquella actividad que consume recursos pero no crea valor. (Womack et al 1996)

Por otro lado, de acuerdo con Porter, la definición de valor es lo que la gente esta dispuesta a pagar por el producto o servicio y el valor superior se obtiene al ofrecer precios más bajos que la competencia por beneficios equivalentes o especiales que compensan con creces un precio más elevado. (Porter 2003)

Es por eso que Womack plasma en su libro la importancia que tiene el concepto de valor en el pensamiento esbelto y afirman que el valor solo puede ser definido por el cliente, y que solo es significativo cuando se expresa en términos de un producto específico que satisface las necesidades de los clientes a un precio específico en un momento específico. (Womack et al 1996)

Los 8 desperdicios más comunes en los que incurren las empresas son:

- Sobreproducción.
- Movimientos.
- Inventario.
- Transportes.
- Reproceso.
- Defectos.
- Subutilización de capacidad.

La utilización de Manufactura Esbelta es importante en diferentes áreas, ya que se emplean diferentes herramientas, por lo que beneficia a la empresa y sus empleados.

Algunos de los beneficios que se pueden alcanzar utilizando esta filosofía de acuerdo a Womack son:

- Reducción de 50% en costos de producción
- Reducción de inventarios
- Reducción del tiempo de entrega (lead time)
- Mejor Calidad

- Menos mano de obra
- Mayor eficiencia de equipo
- Disminución de los 8 desperdicios mas comunes

2.1.1 Pensamiento Esbelto

En el pasado se ha desperdiciado la inteligencia y creatividad del trabajador, a quien se le contrata como si fuera una máquina. Es muy común que, cuando un empleado de los niveles bajos del organigrama se presenta con una idea o propuesta, se le critique e incluso se le calle. (Womack et al 1991)

A veces los directores no comprenden que, cada vez que le 'apagan el foquito' a un trabajador, están desperdiciando dinero. El concepto de Manufactura Esbelta implica la anulación de los mandos y su reemplazo por el liderazgo. La palabra líder es la clave. (Womack et al 1994)

2.1.2 Los 5 Principios del Pensamiento Esbelto

Al hacer una revisión bibliográfica exhaustiva, Jones junto con Womack definen los 5 puntos básicos del pensamiento esbelto de la siguiente manera: (Womack et al 1996)

1. Define el Valor desde el punto de vista del cliente:

La mayoría de los clientes quieren comprar una solución, no un producto o servicio.

2. Identifica tu corriente de Valor:

Eliminar desperdicios encontrando pasos que no agregan valor, algunos son inevitables y otros son eliminados inmediatamente.

3. Crea Flujo:

Haz que todo el proceso fluya suave y directamente de un paso que agregue valor a otro, desde la materia prima hasta el consumidor

4. Produzca el “Jale” del Cliente:

Una vez hecho el flujo, serán capaces de producir por órdenes de los clientes en vez de producir basado en pronósticos de ventas a largo plazo

5. Persiga la perfección:

Una vez que una empresa consigue los primeros cuatro pasos, se vuelve claro para aquellos que están involucrados, que añadir eficiencia siempre es posible.

2.1.3 Las Herramientas de Manufactura Esbelta

Es claro que esta filosofía se basa en una serie de herramientas, las cuales ayudan en el proceso de eliminación de desperdicios y en la creación de valor para la empresa que las utiliza.

Dado el contenido y la intención del presente trabajo, si se desea conocer cada una de las herramientas a detalle y su operación, se recomienda hacer referencia al texto de Feld, William M. “*Lean Manufacturing: Tools, Techniques, and How to Use Them*”, en el se puede encontrar cada una de las herramientas en las que se basa la Manufactura Esbelta y sus estrategias de implementación, las cuales pueden ser de gran utilidad.

2.2 TEORÍA DE RESTRICCIONES:

Se atribuye al Dr. Goldratt al principio de los 80 la creación de la Teoría de Restricciones y desde entonces ha sido ampliamente utilizada en la industria. Es un conjunto de procesos de pensamiento que utiliza la lógica de la causa y efecto para entender lo que sucede y así encontrar maneras de mejorar. Está basada en el simple hecho de que los procesos multitarea, de cualquier ámbito, sólo se mueven a la velocidad del paso más lento. (Caspari 1994)

La manera de acelerar el proceso es utilizar un catalizador es el paso más lento y lograr que trabaje hasta el límite de su capacidad para acelerar el proceso completo. La teoría enfatiza la dilucidación, los hallazgos y apoyos del principal factor limitante. En la descripción de esta teoría estos factores limitantes se denominan restricciones o "cuellos de botella". (Cox et al 1998)

Por supuesto las restricciones pueden ser un individuo, un equipo, una pieza de un aparato o una política local, o la ausencia de alguna herramienta o pieza de algún aparato.

En pocas palabras, se basa en las siguientes ideas:

La Meta de cualquier empresa con fines de lucro es ganar dinero de forma sostenida, esto es, satisfaciendo las necesidades de los clientes, empleados y accionistas. Si no gana una cantidad ilimitada es porque algo se lo está impidiendo: sus restricciones. (Goldratt. 1992)

Contrariamente a lo que parece, en toda empresa existen sólo unas pocas restricciones que le impiden ganar más dinero. Restricción no es sinónimo de recurso escaso. Es imposible tener una cantidad infinita de recursos. Las restricciones, lo que le impide a una organización alcanzar su más alto desempeño en relación a su Meta, son en general criterios de decisión erróneos.

La Teoría de Restricciones desarrollada a partir de su “Programa de Optimización de la Producción”. El punto de partida de todo el análisis es que la meta es ganar dinero, y para hacerlo es necesario elevar el throughput; pero como éste está limitado por los cuellos de botella, E. Goldratt concentra su atención en ellos, dando origen a su programa “OPT” que deriva en “La Teoría de Restricciones”.

Producir para lograr un aprovechamiento integral de la capacidad instalada, lleva a la planta industrial en sentido contrario a la meta si esas unidades no pueden ser vendidas. (Goldratt. 1997)

La razón dentro del esquema de Goldratt es muy sencilla: se elevan los inventarios, se elevan los gastos de operación y permanece constante el throughput; exactamente lo contrario a lo que se definió como meta. Goldratt sostiene que todo el mundo cree que una solución a esto sería tener una planta balanceada; entendiendo por tal, una planta donde la capacidad de todos y cada uno de los recursos está en exacta concordancia con la demanda del mercado. (Goldratt. 1992)

Pareciera ser la solución ideal; cada recurso genera costos por una capacidad de 100 unidades, que se absorben plenamente porque cada recurso necesita fabricar 100 unidades que es la demanda del mercado.

A partir de esta teórica solución, las empresas intentan por todos los medios balancear sus plantas industriales, tratando de igualar la capacidad de cada uno de los recursos con la demanda del mercado.

Suponiendo que sea posible, se reduce la capacidad de producción del recurso productivo uno, de 150 unidades a 100 unidades. De esta manera, disminuyen los gastos de operación y supuestamente permanecen constantes los inventarios y el throughput.

Pero según Goldratt todo esto constituye un gravísimo error. Igualar la capacidad de cada uno de los recursos productivos a la demanda del mercado implica inexorablemente perder throughput y elevar los inventarios. (Goldratt. 1992).

Por otro lado, en lo referente a los medidores de "Las Condiciones Necesarias", cada empresa puede seleccionar los que crea más convenientes, siempre y cuando verdaderamente reflejen directamente lo que es importante de dicha condición necesaria.

Para el medidor de "La Meta" que tomaremos como el "REI" necesitamos primero definir algunos parámetros, por lo que hablaremos de "Los 3 Dineros":

1. El Dinero Generado o "THROUGHPUT" (T), que es el diferencial entre la "Venta Neta" y el "Costo de los Insumos 100% Directos", por el período de tiempo que se trata (normalmente por mes).
2. El Dinero Invertido por el sistema o "INVENTARIO" (I), que comprende el valor de los activos y el de los inventarios al costo de sus materias primas 100% directas, incluso las cuentas por cobrar.
3. El Dinero Gastado por el sistema o "Gastos Operativos" (GO), que comprende todo el dinero gastado, incluyendo: sueldos, salarios, desperdicios, energía, depreciaciones, impuestos, y todo lo demás.

Dados estos 3 dineros, que normalmente comprenden todos los dineros operativos de una empresa, podemos definir la meta de la siguiente forma:

$$\text{UTILIDAD} = T - \text{GO}$$
$$\text{RENTABILIDAD} = (T - \text{GO})/I$$

Dada la ecuación de rentabilidad, si la empresa tiene una rentabilidad del 35% anual y el banco está prestando al 25% anual, entonces el "Rendimiento Efectivo de la Inversión" REI = 10%.

Dada la simpleza de los medidores "T, I y GO" que propone "TOC", es posible que toda la organización los pueda entender y por lo tanto los pueda influenciar favorablemente. Algunos de ustedes dirán "a mí no me parece bien que toda la organización sepa las utilidades operativas de la empresa", no hay problema, pueden usar estos mismos medidores en forma de relaciones, como por ejemplo:

$$\text{PRODUCTIVIDAD} = T/GO$$

$$\text{ROTACIÓN} = T/I$$

Estas relaciones no tienen unidades y por lo tanto son sólo números, pero están 100% directamente relacionados con "La Meta" de la empresa, que es muy importante ya que es la única variable que queremos mejorar a infinito.

Goldratt distingue dos fenómenos importantes que no se deben pasar por alto denominados:

- ❖ **EVENTOS DEPENDIENTES:** un evento o una serie de eventos deben llevarse a cabo antes de que otro pueda comenzar. Para atender una demanda de 100 previamente es necesario que el recurso productivo numero dos fabrique 100 unidades y antes que este, es necesario, que lo mismo haga el recurso productivo numero uno.
- ❖ **FLUCTUACIONES ESTADÍSTICAS:** suponer que los eventos dependientes se van a producir sin ningún tipo de alteración es una utopía. Existen fluctuaciones que afectan los niveles de actividad de los distintos recursos productivos, como ser: calidad de la materia prima, ausentismo del personal, rotura de máquinas, corte de energía eléctrica, faltante de materia prima e incluso disminución de la demanda.

La combinación de estos dos fenómenos, genera un desajuste inevitable cuando la planta está balanceada, produciendo la pérdida de throughput y el incremento de inventarios. (Goldratt. 1992)

Se puede señalar entonces que TOC se está aplicando con éxito en muchos países y en todos los aspectos de la actividad empresarial: Operaciones (bienes y servicios), Supply Chain Management, Gestión de Proyectos, Toma de Decisiones, Marketing y Ventas, Gestión Estratégica y Recursos Humanos.

No cabe la menor duda de que con la identificación y adecuada gestión de las restricciones se consiguen mejoras significativas en poco tiempo. Como proceso, TOC se estructura en pasos iterativos enfocados a la restricción del sistema. Restricción es todo aquello que impida el logro de la meta del sistema o empresa. (Newbold 1998)

Se identifican 2 tipos de restricción:

- Las restricciones físicas que normalmente se refieren al mercado, el sistema de manufactura y la disponibilidad de materias primas.
- Las restricciones políticas que normalmente se encuentran atrás de las físicas. Por ejemplo; Reglas, procedimientos, sistemas de evaluación y conceptos.

La secuencia de los pasos iterativos de mejora depende del tipo de restricción que se analice por lo que la mejora en TOC se refiere a buscar una mayor ganancia del sistema sin violar las condiciones necesarias. Para lograr la meta más rápidamente es necesario romper con varios paradigmas. Los más comunes son:

- Operar el sistema como si fueran “eslabones” independientes, y no una cadena.
- Tomar decisiones, entre ellas la fijación de precios, en función del costo contable, en lugar de hacerlo en función de la contribución a la meta (Throughput).

- Requerimientos de una gran cantidad de datos cuando se necesitan de pocos relevantes.
- Copiar soluciones de otros sistemas en lugar de desarrollar soluciones propias en base a metodologías de relaciones lógicas de “efecto-causa-efecto”.
- La continuidad en la búsqueda de la mejora requiere de un sistema de medición y de un método que involucre y fomente la participación del personal.

Para definir el sistema de medición se requiere definir el conjunto de indicadores de meta. En TOC, la meta de una empresa es ganar dinero ahora y siempre y para ello, la medición de la meta se realizará a través de los indicadores; Throughput (T), Inventarios (I), y Gastos Operativos (GO).

El método recomendado por TOC es el socrático, el cual fomenta la participación del personal, el desarrollo de soluciones propias, y el trabajo en equipo. TOC favorece la aplicación de metodologías que impliquen el desarrollo del “know how”, en lugar de la utilización de consultores externos.

(Caspari 1994)

PROCESO DE MEJORA CONTINUA DE LA TEORIA DE RESTRICCIONES:

1. IDENTIFICAR LAS RESTRICCIONES DEL SISTEMA: una restricción es una variable que condiciona un curso de acción. Pueden haber distinto tipo de restricciones, siendo las más comunes, las de tipo físico: maquinarias, materia prima, mano de obra etc.
2. EXPLOTAR LAS RESTRICCIONES DEL SISTEMA: implica buscar la forma de obtener la mayor producción posible de la restricción.

3. SUBORDINAR TODO A LA RESTRICCION ANTERIOR: todo el esquema debe funcionar al ritmo que marca la restricción (tambor).
4. ELEVAR LAS RESTRICCIONES DEL SISTEMA: implica encarar un programa de mejoramiento del nivel de actividad de la restricción. Ej. subcontratar.
5. SI EN LAS ETAPAS PREVIAS SE ELIMINA UNA RESTRICCIÓN, VOLVER AL PASO 1:

Para trabajar en forma permanente con las nuevas restricciones que se manifiesten. La Meta de cualquier empresa con fines de lucro es ganar dinero de forma sostenida, esto es, satisfaciendo las necesidades de los clientes, empleados y accionistas.

Si no gana una cantidad ilimitada es porque algo se lo está impidiendo: sus restricciones. (Goldratt. 1997)

Contrariamente a lo que parece, en toda empresa existen sólo unas pocas restricciones que le impiden ganar más dinero. Decir restricción no es sinónimo de recurso escaso, es imposible tener una cantidad infinita de recursos. Las restricciones, lo que le impide a una organización alcanzar su más alto desempeño en relación a su Meta, son en general criterios de decisión erróneos.

La única manera de mejorar es identificar y eliminar restricciones de forma sistemática. (Goldratt. 1992)

Una de las herramientas en las que se apoya la teoría de restricciones consiste en el sistema Tambor Amortiguador Cuerda (DBR por sus siglas en inglés), el cual es un proceso iterativo, que podríamos describir simplídicamente de la siguiente manera:

1. Programar las entregas de productos a los clientes utilizando las fechas de entrega.
2. Programar las restricciones de capacidad considerando los programas de entrega y las cuerdas de despacho.
3. Optimizar los programas de las restricciones de capacidad.
4. Programar el lanzamiento de las materias primas y componentes teniendo en cuenta los programas de las restricciones y las cuerdas internas y de ensamblaje.

Cabe destacar que usando DBR 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.

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 el throughput 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 esta produciendo el cuello de botella. (Smith 2000)

LA REGLA DEL CORRECAMINOS:

Es necesario instruir a todos los recursos para que funcionen según la regla del CORRECAMINOS, esto es:

Si un recurso no tiene nada que hacer, que no haga nada. Si tiene algo que hacer, que lo haga tan rápido como le sea posible. Si tiene más de una cosa que hacer, que haga siguiendo el orden de llegada, salvo que el mecanismo de control de las operaciones (BUFFER MANAGEMENT) indique otra cosa. (Goldratt. 1997)

Capítulo III. Desarrollo de la Metodología para Mejorar la Eficiencia de Operaciones

3.1 Introducción:

El punto de partida de este trabajo consiste en determinar un modelo para la implementación de un Sistema Esbelto en las compañías, complementado con los principales conceptos de Manufactura Esbelta y la Teoría de Restricciones.

Para poder realizar el desarrollo de un modelo con tales características, es necesario determinar los puntos donde estas metodologías se complementan y se diferencian. En esta sección de la investigación se presenta un análisis de los puntos fundamentales entre ambas filosofías para de esta manera determinar los puntos clave en los que se enfocará el modelo.

3.2 Lean y Teoría de Restricciones – Puntos en Común

Al revisar ambas filosofías por separado uno se puede percatar de las diferencias que existen entre ellas, pero al hacer una comparación, punto por punto se pueden encontrar similitudes muy importantes, las cuales forman parte importante del presente trabajo y sustentan la hipótesis planteada puesto que al encontrarse similitudes entre ellas, es más fácil combinarlas para hacer una herramienta más robusta.

Con base en los 5 cinco puntos ya mencionados del pensamiento esbelto iniciaremos haciendo las comparaciones entre las filosofías básicas, mismas que servirán de fundamento para el desarrollo del sistema a proponer.

3.2.1 Valor

Un proceso sin desperdicios es aquel que funciona correctamente. Conseguir eliminar los desperdicios de un proceso requiere tiempo y esfuerzo, así que es importante trabajar en procesos que creen valor. Los clientes de una empresa tienen el último voto a la hora de juzgar si la empresa ha creado valor o no. Por tanto, una categoría de “muda” (desperdicio) es contar con un proceso para un producto o servicio que el cliente no quiere.

Los desperdicios típicos son:

- Exceso de producción.
- Tiempos de espera largos.
- Transportes innecesarios.
- Procesos inadecuados.
- Inventarios excesivos.
- Defectos en calidad (rechazos).
- Movimientos inadecuados.

Ambas filosofías toman el concepto de valor de manera muy similar, en ambos casos el valor está definido por la percepción del cliente, lo cual es crucial y como ya se mencionó, según Porter hablar de valor es hablar de lo que la gente está dispuesta a pagar por un bien o servicio y si en los procesos utilizados para la elaboración de estos bienes o servicios, no se le agrega valor, se le agrega costo el cual tiene que ser cubierto por el cliente. (Porter 2003)

Según Womack, la perspectiva que tiene *LEAN* de lo que representa el valor es que el valor sólo puede ser definido por el consumidor final. De manera similar, la Teoría de Restricciones sugiere que el throughput no se genera hasta que el pago del cliente por el producto se ha recibido. (Womack et al 1996)

Para la Teoría de Restricciones, la percepción que tiene el cliente del valor es un gran factor determinante que incrementará el throughput.

3.2.2 Corriente de Valor (Value Stream)

Inicialmente se identifican las operaciones con “desperdicio” (que los clientes no quieren) y los productos “valor” (que los clientes quieren comprar). En segunda instancia, algo que generalmente ayuda es empezar el proceso de identificar y deshacerse de los desperdicios que intervienen en la oferta de productos “valor” a los clientes. (Moore et al. 1998)

La Corriente de Valor puede definirse como: “El conjunto de acciones concretas para obtener un producto concreto a través de las tres siguientes tareas claves de gestión para una empresa: 1) resolución de problemas, 2) tratamiento de la información, y 3) transformación física”.

En la Corriente de Valor se incluyen tres categorías de actividades:

- Pasos que indudablemente crean valor.
- Pasos que no crean valor pero que son necesarios.
- Pasos que no crean valor y que pueden eliminarse inmediatamente.

Ya sea que se le llame corriente de valor como lo hace *lean* o una línea de valor agregado como lo hace la teoría de restricciones, el concepto es el mismo, un énfasis explícito de que el valor al cliente es creado mediante una cadena de interdependencias que se extienden mucha más allá de los límites de la planta. (Dettmer. 1998)

Se puede decir que diversos pasos en la corriente de valor son los que realmente llegan a crear valor debido a que contribuyen directa o indirectamente a la creación de las características importantes del producto que son relevantes para el cliente potencial.

Ahora bien ambos acercamientos reconocen inherentemente que la función u obligación de cada persona dentro de la organización es convertir el inventario en throughput.

3.2.3 Flujo

El hablar de flujo se ha convertido en una constante a lo largo del camino en la optimización de operaciones y la mejora continua, sobre todo en la industria manufacturera, según el libro de Schonberger (1982) *Japanese Manufacturing Techniques: Nine Hidden Lessons in Simplicity* remarca la importancia del flujo en uno de sus capítulos llamado *Simplify, and goods will flow like water* (Simplifica y los bienes fluirán como agua), un ejemplo claro se puede observar en el flujo de una sola pieza, es decir, no es necesario esperar a terminar el lote para pasarlo a la siguiente estación, sino pasar la pieza a la siguiente etapa tan pronto como se termine de trabajar en ella, de esta manera no se detienen operaciones subsecuentes y no se interrumpe el flujo.

La administración sincrónica propone que para hacer más eficiente el flujo, es necesario balancear el flujo, no la capacidad. Además es necesario recalcar que en ninguna de las dos filosofías se presenta conflicto alguno en cuanto a la importancia de mantener el flujo.

El hablar de flujo es un punto de vital importancia ya que para hacer que el valor fluya, es necesario velocidad y consistencia, el objetivo es hacer que las operaciones que agregan valor se muevan a través del sistema rápido y suavemente, por ejemplo sin los paros y arranques propios del loteo y teoría de colas.

3.2.4 Pull

Otro punto de vital importancia en el que ambas filosofías coinciden, tanto la teoría de restricciones como *lean* abrazan el principio de “jalar” (*pull*) y ofrecen técnicas para controlar el flujo de bienes basados en un “jalón” del mercado, o hasta que el cliente hace un pedido.

Este principio esta basado en la sincronización de los objetivos y tasas de producción con la demanda real del cliente, en lugar de hacerlo como se acostumbra, mediante pronósticos o niveles arbitrarios de inventario de producto terminado. Se podría decir hasta cierto punto que este principio se asemeja al de hacer por orden (*make to order*), y si se logra manejar este principio efectivamente, el sistema puede alcanzar ahorros significativos en los inventarios de producto terminado y producto en proceso debido a que en lugar de empujar el producto a través de los procesos, el cliente es el responsable de hacerlo que fluya.

Sin embargo este principio esta muy ligado con el principio de flujo ya que la eficiencia del “jalón” depende de que tan suave y rápido se mueva el producto o los materiales.

El concepto de jalar, es la fuerza central detrás de la metodología de Tambor-Cuerda-Amortiguador (DBR) en la teoría de restricciones, dado que la demanda del mercado provee la base para la programación de la restricción (tambor), la cual es la base para la liberación de material (cuerda) al proceso de manufactura.

3.2.5 Perfección

Como ya se mencionó con anterioridad, no existe la empresa perfecta, puesto que muchas empresas que han buscado la perfección han quebrado, sin embargo, se puede hablar de empresas perfectas rentablemente hablando, las cuales cuentan con sus competencias centrales y las explotan diestramente para alcanzar la rentabilidad. Sin embargo esta búsqueda de perfección implica que los principios antes mencionados deben repetirse constantemente debido a que el hacer que el valor fluya más rápido expondrá inherentemente desperdicios escondidos o que no se pueden identificar tan fácilmente en la corriente de valor. (Dettmer. 1998)

Un punto importante de esta tesis intenta hacer énfasis en la importancia de que una organización que dirige todos sus esfuerzos hacia la estabilidad, es propensa a la pérdida puesto que la estabilidad es temporal y no garantiza que una empresa estable sea perfecta, tarde o temprano puede volver a reinar el caos.

Es necesario que para alcanzar a la empresa perfecta rentablemente hablando, es necesario perseguir la mejora continua en todos sus procesos y en este punto, ambas filosofías coinciden en que el estado último de la mejora continua es la búsqueda continua de la perfección.

Sin embargo, es necesario tomar en cuenta que ambas filosofías establecen que la fuerza laboral es una fuente fundamental en el proceso de mejora. La importancia de la participación de los trabajadores en la mejora de los sistemas no puede ser subestimada, como dueños del proceso o de su operación, los trabajadores son fuente interminable de ideas lo cual puede utilizarse como foco para la mejora continua.

Otro punto importante que manejan ambas filosofías es que la calidad es primordial para lograr el éxito, al igual que los lotes pequeños de producción, lo cual permitirá un flujo continuo y con ello se puede identificar oportunidades de mejora al liberar capacidad escondida y minimizar cualquier tipo de inventario.

A continuación se puede observar un resumen de los puntos en que concuerdan la teoría de restricciones y la manufactura esbelta:

- Metodologías de sistemas.
- Minimizan Inventarios.
- Mayor rentabilidad es el objetivo principal.
- Lotes pequeños de producción.
- Liberar capacidad escondida.
- Involucrar al personal como clave del éxito.
- Flujo Continuo.

- Valor definido por el cliente.
- Mejora continua es esencial.

Con todo esto, podemos llegar a la conclusión de que ambas filosofías se pueden considerar como metodologías de sistemas y con ello podemos hacer una combinación de sus puntos principales para desarrollar una herramienta robusta que permita mejorar la competitividad el desempeño de las organizaciones.

3.3 DIFERENCIAS:

Así como se pudieron observar similitudes entre ambas filosofías, encontramos también diferencias importantes que requieren de análisis, dos de las diferencias principales son la manera en como las filosofías atacan la variabilidad de los procesos y la incertidumbre, y la otra diferencia importante es como tratan los costos.

En general la teoría de restricciones los costos llegan a un punto en el que pueden limitar el retorno de las inversiones, la reducción de costos siempre es secundaria a la generación del throughput mediante el incremento de las ventas y la reducción de los desperdicios únicamente tendrá un impacto inmediato si se trata de los desperdicios generados en la restricción. Otro punto importante es que la teoría de restricciones toma por hecho que el sistema no siempre va a funcionar perfectamente por lo que es necesario tener planes de contingencia y estar preparados para la presencia de la “Ley de Murphy” la cual tendrá un impacto significativo sobre la variabilidad del proceso.

Por otro lado, la manufactura esbelta trata la reducción de costos como la mejor manera de alcanzar la rentabilidad de las organizaciones y cualquier esfuerzo por reducir el desperdicio es de vital importancia para la rentabilidad. En esta filosofía cualquier implementación debe de funcionar bajo el supuesto de que o todo funciona o nada funciona. En la manufactura esbelta se busca eliminar la variabilidad totalmente y no es prioridad tratar con la incertidumbre del mercado.

Hablando de manera más específica sobre las diferencias que se pueden observar en ambas filosofías es interés del presente trabajo hacer énfasis en la variabilidad e incertidumbre ya que ambas filosofías tratan este punto de manera muy distinta. (Feld 2001)

La variabilidad se puede considerar como un proceso interno de las organizaciones sujeta a muchas causas, ya que al ser un factor interno abarca todos los factores técnicos de los procesos los cuales son medidos a través del

control estadístico del proceso, por otro lado el no es una definición que este sujeta únicamente a la parte técnica, también se pueden considerar factores humanos como causas de variabilidad, por lo que el desempeño de cualquier área esta sujeta a variabilidad.

Por otro lado, la incertidumbre se puede considerar un factor externo sobre el cual la empresa no tiene control, como el comportamiento del mercado o de los proveedores.

Todo esto lo podemos expresar de una manera más sencilla, la incertidumbre ocasiona cambios en la demanda de los bienes o servicios producidos por las empresas, mientras que la variabilidad cambia la capacidad que tienen las organizaciones de satisfacer esa demanda.

Para el caso de la manufactura esbelta, la variabilidad es un factor que es inadecuado en el sistema y debe ser eliminado a toda costa, mientras que la teoría de restricciones trata la variabilidad partiendo del supuesto de que los procesos ya se encuentran estadísticamente bajo control.

El otro punto o diferencia trascendental entre ambas filosofías es el costo, como ya se mencionó la manufactura esbelta toma la reducción de costos (fijos y variables) muy seriamente, mientras que la teoría de restricciones considera estos costos como Gastos de Operación, y especifica que en cualquier tipo de organización es necesario tener cierto nivel de gastos de operación si se desea tener una tasa de producción aceptable. Lo mismo sucede con el nivel de inventario.

En teoría, se pueden reducir los gastos de operación y los niveles de inventario a cero, pero en la realidad se debe mantener cierto nivel para poder seguir operando por lo que existe un límite práctico para el nivel de inventario y gastos de operación del cual no podemos pasar sin afectar la habilidad que tienen las organizaciones para crear valor para el cliente. (Dettmer 2001)

Otra diferencia trascendental entre ambas filosofías es la manera en como consideran el throughput, que según Goldratt, es la velocidad a la que el sistema genera dinero. La manera en como la teoría de restricciones define el throughput no es la misma que para lean manufacturing ya que esta lo considera como salidas del sistema.

En la teoría de restricciones el throughput se mide en términos financieros y no en unidades producidas y es esta distinción la que facilita la toma de decisiones puesto que no todos los productos tienen el mismo valor ya que un mismo producto, por diversas razones, puede generar diferente throughput el cual no es mas que el dinero que resta de los ingresos sobre ventas después de haber pagado los costos variables como las materias primas, transportes etc.

Es importante tener en mente los límites antes descritos, y valorar que eventualmente atacar los gastos operativos y el nivel de inventario no es la estrategia a seguir ya que no aseguran la perfección de las organizaciones. (Dettmer 2001)

Gracias a todo esto, surge la idea de combinar ambas filosofías y reforzarlas con algunas de las herramientas del TQM con la finalidad de ayudar a las organizaciones a incrementar su competitividad mejorando su desempeño y eficiencia.

3.4 Medidas de Desempeño:

Es de esperar que al tratar con dos filosofías cuyos objetivos y enfoques son diferentes, que se utilicen distintas medidas de desempeño, algunas de ellas son:

- Productividad.
- Rentabilidad.
- Throughput.
- Inventario en Proceso.
- Rotación de Inventario.
- Throughput dollar days.

Se puede considerar que todas estas medidas tienen un enfoque sistémico, sin embargo se debe tener muy claro que cualquier medida de desempeño de cualquier filosofía de administración puede utilizarse equivocadamente en detrimento del sistema entero ya que al ser muy puntuales en una situación específica o eficiencia local se puede perder el enfoque.

Es por eso que en el presente trabajo, se trabajarán con algunas medidas de desempeño con la finalidad de conocer el desempeño global, es decir, el impacto que la aplicación del modelo tendrá sobre el sistema completo.

3.5 Desarrollo de la Metodología para Mejorar la Eficiencia de Operaciones

Un punto importante que se tiene que dejar asentado desde este momento es que para mejorar el desempeño y la competitividad de las organizaciones se considera la importancia de la sincronización entre las operaciones y la eficiencia de las mismas como puntos clave para incrementar el throughput de los procesos.

A continuación se presenta la propuesta de una herramienta que combina los elementos principales de la teoría de restricciones, la manufactura esbelta y algunas de las herramientas de la calidad total que en conjunto se convierten en una herramienta lo suficientemente robusta para poder aplicarse en cualquier etapa de un proceso productivo o de la organización como un sistema.

Tomando como base las similitudes y diferencias entre las filosofías fundamentales se propone el desarrollo de la siguiente herramienta, la cual se compone de los conceptos fundamentales de la manufactura esbelta, la teoría de restricciones, y algunos elementos de la calidad total.

La clave para lograr la administración efectiva de esta herramienta se debe basar en el control metódico y sistémico de manera que puedan alcanzarse los objetivos planteados desde un principio. Además se requiere de retroalimentación necesaria para la implementación de cualquier ajuste.

Siguiendo este concepto, y como ya se mencionó, se tomaron los elementos fundamentales de cada una de las filosofías se llegó al desarrollo de una herramienta que nos permitirá sincronizar y eficientizar las operaciones logrando una mayor competitividad en las empresas incrementando el throughput, dicho modelo se presenta a continuación:

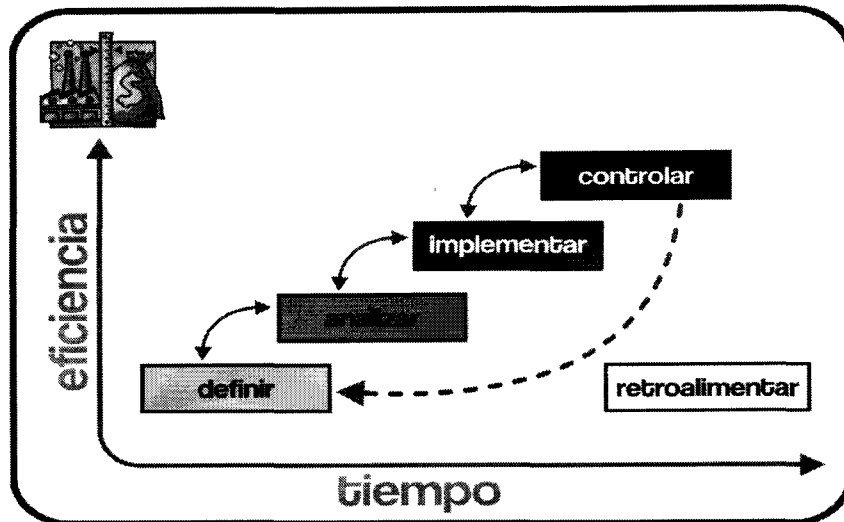


Imagen 1 Metodología

A continuación se explica cada uno de sus elementos.

3.5.1 DEFINIR:

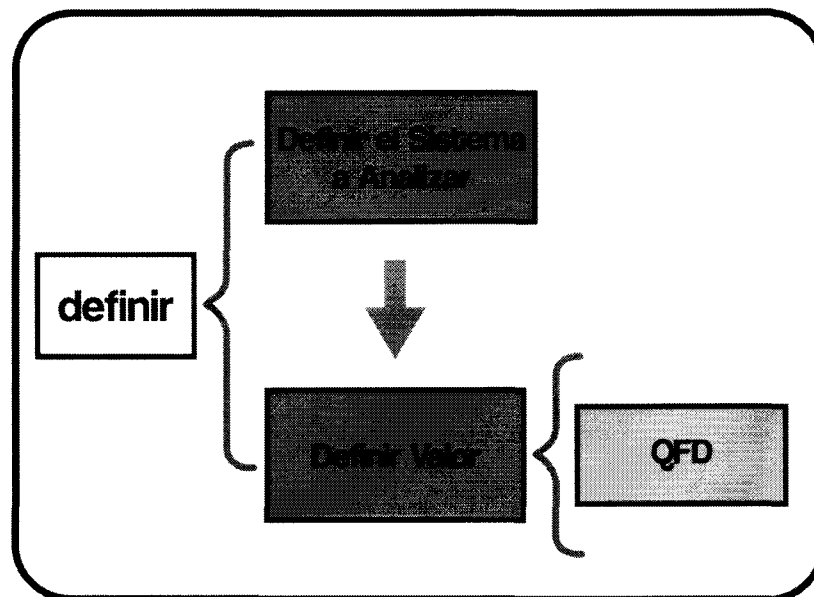


Imagen 2 Definir.

3.5.1.1 Definir el Sistema a Analizar:

El primer paso a realizar en esta metodología es definir el sistema a analizar, es importante hacer una buena identificación del sistema o proceso que queremos utilizar para implementar la presente metodología dado que una mala identificación puede acarrear grandes costos.

Esta claro que en las organizaciones existen varios procesos que son críticos los cuales requieren de atención o mejoras inmediatas, pero por cuestiones administrativas no es posible mejorar dos procesos simultáneos por la cantidad de recursos necesarios además de que no esta asegurado el éxito.

Para ello se decide aplicar un cuestionario basado en la escala de Likert al personal responsable y personal de piso ya que ellos tienen el mayor conocimiento del proceso, y en base al resultado obtenido, el proceso o sistema con menor ponderación de acuerdo a los criterios seleccionados será el sistema a analizar.

A continuación se presenta el formato del cuestionario que se aplicará para poder determinar la prioridad del sistema a analizar.

ENCUESTA DE DIAGNOSTICO

Fecha : _____

Responsables: _____

Proceso: _____

		1	2	3	4	5
DESEMPEÑO	Throughput					
	Gasto Operativo					
	Inventario					
	Rentabilidad					
	Productividad					
OPERACIÓN	Nivel de Desperdicio					
	Nivel de Variación					
	Satisfacción Cliente Interno					
	Satisfacción Cliente Externo					
	Productividad					
	Calidad					
	Eficiencia					
	Eficacia					
	Nivel de Inventario					
	Entregas a tiempo					
Grado de Estandirazación						
RH	Nivel de Capacitación					
	Experiencia					
	Motivación					
	Compensaciones					
TOTAL						

PONDERACIÓN:

1. Pésimo 2. Deficiente 3. Regular
 4. Aceptable 5. Excelente

3.5.1.2 Definir Valor:

Dentro de este primer punto se define la meta y el objetivo del sistema bajo estudio, donde es de vital importancia tener una orientación hacia el cliente. Una vez que se tiene el "qué", se tiene que dar parte a todo el personal de la empresa para lograr un cambio conjunto en donde exista el involucramiento de todas las personas sin importar su nivel jerárquico.

En la "definición del valor" es de suma importancia para la selección de la estrategia a seguir. La voz del cliente debe de analizarse detenidamente de tal manera que proporcione un panorama general de los requerimientos que la empresa necesita satisfacer en sus clientes, y de esta manera se puedan tomar acciones orientadas a este objetivo. El cliente y solo él puede definir el "valor" que la compañía requiere generar. En este punto es importante recalcar que dentro de esta herramienta la manera en como se van a convertir los requerimientos del cliente en requerimientos técnicos es utilizando la herramienta de Función de Despliegue de Calidad (QFD por sus siglas en inglés) poniendo al cliente en el centro del proceso.

La importancia de conocer cuales son los requerimientos de los clientes es fundamental para el éxito de cualquier organización. Es por ello que una parte importante de esta metodología, consiste en traducir las demandas expresadas y latentes del cliente a las especificaciones del producto/servicio para poder definir que es valor a los ojos del cliente.

Las fuentes de información que se pueden utilizar para obtener datos son variadas y van desde las quejas y reclamaciones hechas por los usuarios, hasta cuestionarios administrados a éstos, pasando por conversaciones directas, para efectos de esta metodología un cuestionario o conversaciones directas son las herramientas que se deben utilizar ya que el registro de las quejas no siempre representa los requerimientos del cliente sino la inconformidad derivada de un mal producto o servicio lo cual podría sesgar la información.

Al utilizar el QFD en esta metodología nos permite sistematizar la información obtenida de los clientes para así poder definir las características de calidad del producto, proceso o servicio, adaptándolo a las necesidades y expectativas detectadas logrando así definir que es de valor para el cliente.

Finalmente, obtendremos una idea precisa de cuáles deben ser las especificaciones del producto o servicio, en este caso las especificaciones del proceso, en qué elementos hay que invertir tanto recursos como tiempo y de qué manera, para conseguir acercarnos a las expectativas de los clientes.

Para fines prácticos, definimos al QFD en función de esta metodología como un sistema estructurado que facilita la manera para identificar las necesidades y expectativas de los clientes tanto internos como externos y traducirlas al lenguaje de la organización. (Yang et al 2003)

Es por ello que en esta metodología el QFD tiene la intención de definir la calidad verdadera, es decir, por "QUÉ" necesitan y esperan los clientes, ya sean internos o externos. También se interroga "CÓMO" se puede satisfacer las necesidades y expectativas. Y en este caso nos encontramos ya ante la cuestión de cómo diseñar el producto o proceso para responder a la calidad esperada, en este caso sería determinar que factores son importantes para el cliente.

En la siguiente tabla se muestra la matriz de la Casa de la Calidad en el formato en el que se deberá aplicar para determinar los requerimientos de los clientes, información que es de gran importancia para el desarrollo de la presente metodología, en ella se despliegan los requisitos que son de valor para los clientes lo cual se refleja en productos de mejor calidad.

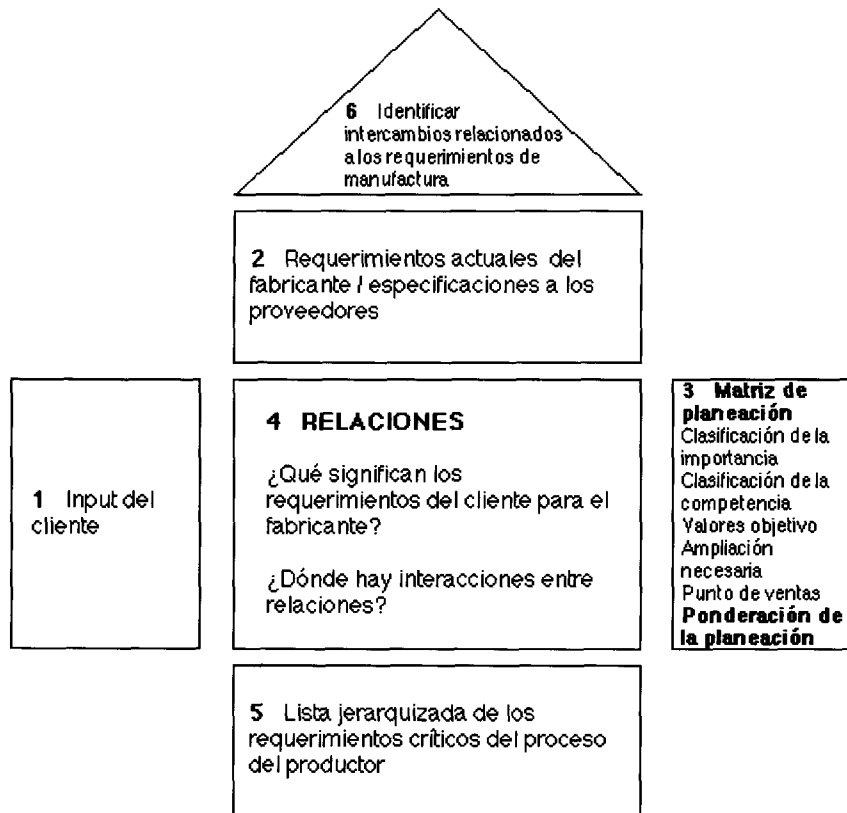


Imagen 3 Fases QFD

Fases de Implementación del QFD

Identificar y jerarquizar a los clientes.

Este elemento es indispensable en esta metodología para comprender a los clientes y considerar correctamente sus expectativas. Por otra parte, nos permitirá seleccionar el/los segmento/s de usuarios adecuados para recoger los datos e informaciones necesarios para realizar el despliegue de la Calidad Demandada y Planificada. En esta fase es imprescindible la participación del Departamento Comercial o de Marketing de la organización, que probablemente poseerá datos al respecto.

Identificación de las expectativas del cliente.

Para realizar este paso es esencial conocer las expectativas del cliente, los medios de los que nos valdremos para ello, pueden ser los siguientes: grupos de discusión. Estudios existentes en base a encuestas realizadas. Informes sobre la competencia.

En esta fase deben implicarse distintos departamentos, como Marketing, Ventas, Operaciones, así como personal de línea. El sistema de elección a utilizar es el contacto directo con clientes mediante conversaciones, preferiblemente en grupo en las que se deben descubrir las demandas explícitas y latentes sobre el servicio. Estos clientes, deberán conocer también el servicio o productos de la competencia y opinar sobre ellos para hacerlo más robusto. Este tipo de información suele presentar dos inconvenientes: son poco exhaustivas y muy subjetivas. (Yang et al 2003)

Conversión de la información en descripciones verbales específicas.

Los datos derivados de los pasos anteriores nos deben de servir para adquirir una primera orientación sobre las preferencias del cliente. De este modo, contaremos con una información base que reelaboraremos en esta fase con el fin de presentar un cuestionario completo a una muestra de clientes más amplia.

Esta reelaboración es necesaria si pensamos que, normalmente, no se es muy específico al plantear las demandas. Por ejemplo, el grupo de usuarios pueden comentar que les gustaría tener donde elegir al comprar en el establecimiento. A partir de ahí podemos precisar dos elementos de nuestro cuestionario: variedad de productos y variedad de marcas. Se trata de convertir la información directa en información verbal más precisa que nos permita obtener medidas concretas.

Elaboración y administración de la encuesta a clientes.

El último paso de la toma de datos sería administrar una encuesta a usuarios de nuestro servicio, que conozcan también la competencia. En este cuestionario se les pide que evalúen, de 1 a 5 (1: no ejerce influencia; 5: ejerce fuerte influencia) la influencia de cada uno de las demandas estudiadas a la hora de elegir un establecimiento u otro. Se pide también que valoren cual es la posición, en cada una de esas variables, de la propia empresa y las de las empresas de la competencia, también en una escala de 1 a 5.

Despliegue de la calidad demandada.

Definidos los datos a obtener y conseguidos éstos, se pasa a realizar el despliegue de la Tabla de Planificación de la Calidad. Se trata de una matriz en la que tenemos, por una parte, los factores acerca de los cuales se ha interrogado a la muestra de clientes. Por otra, tenemos la importancia que se ha dado a cada uno de ellos así como la valoración que han hecho de nuestra empresa y de la competencia. La columna puntos estratégicos permite introducir la orientación estratégica que se quiere dar al servicio. En función de la importancia concedida por el cliente en un factor concreto y la valoración recibida por la propia empresa y las de la competencia, decidiremos la calidad planificada que queremos obtener en el futuro.

Ese será el valor al que tenderemos y, en relación con la situación actual, asignaremos un factor de aumento de la calidad en esa variable: Con estos datos, estaremos en condiciones de obtener los pesos absolutos (importancia absoluta) de los distintos factores. El siguiente paso es la determinación de los pesos relativos (importancia relativa) de cada una de las variables en la mejora del servicio. (Yang et al 2003)

Evidentemente, se trata de determinar en qué aspectos hay que comprometer mayor esfuerzo para ajustar nuestro servicio a las demandas del cliente, qué hay que mejorar, en función de la situación actual de la empresa y de la competencia.

El análisis con esta herramienta QFD permite a la organización orientar sus estrategias de negocio para satisfacer los requerimientos del cliente y así poder conocer y asimilar que es lo que el cliente define como valor del producto.

Un factor importante que se da por hecho son la calidad en el producto y cumplimiento con los tiempos de entrega en la mayoría de las organizaciones.

3.5.2 ANALIZAR:

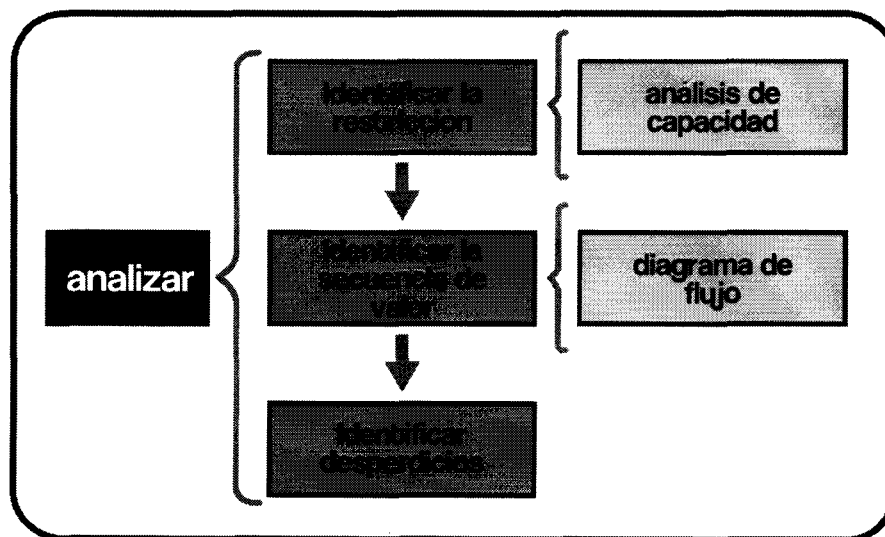


Imagen 4 Analizar.

Este punto es sumamente importante ya que aquí es donde se va a identificar la restricción del sistema bajo estudio y se va a identificar también la secuencia de valor del proceso. Identificar la restricción es un proceso complicado que se puede realizar analizando las capacidades del sistema actual.

En el paso anterior quedó definido a profundidad el concepto de valor según las expectativas del cliente y una vez que se tiene definido este concepto el siguiente paso lógico consiste en identificar todas las actividades que se realizan y que son las que agregan valor al producto y así poder identificar que actividades son importantes ya que es preciso mencionar que si no agrega valor, agrega costo.

La importancia que tiene este punto consiste en fomentar en la empresa la importancia del conocimiento de los procesos de manera que se pueda identificar con precisión que actividades generan valor, que actividades no generan valor y pueden ser eliminadas y que actividades no generan valor pero que son necesarias para la generación del mismo, y para lograr este objetivo en este punto nos basamos en una identificación de los roles y responsabilidades de cada uno de los miembros del equipo, esto con la finalidad de detectar que actividades, que roles o que responsabilidades de empalmaban y por consiguiente se duplicaban.

Otro punto importante que nos ayuda en este punto es, como ya se mencionó con anterioridad, **analizar la capacidad** del sistema bajo estudio, esto con la finalidad de determinar a que nivel se esta operando y hasta que punto es posible incrementar la producción sin necesidad de invertir en equipo, además de determinar si la capacidad actual es suficiente para cubrir los requerimientos del mercado.

Por otro lado, se debe realizar un mapeo del proceso (diagramas de flujo) y un análisis de rutas con la finalidad de identificar los desperdicios que se presentan en la operación, poder clasificarlos, analizando la posibilidad y factibilidad de eliminarlos.

El mapeo de los procesos (diagrama de flujo) son herramientas que ya se encuentran disponibles en las organizaciones por ser de vital importancia para el conocimiento de sus sistemas ya que permiten conocer la secuencia de operaciones que sigue un producto. Esta herramienta permite ver gráficamente las actividades que generan valor a través del cálculo de tiempo en cada una de las operaciones (Taylor 2000). Esta es una manera extremadamente sencilla para optimizar todas aquellas actividades que no generen valor y busca eliminar o reducir las actividades que no generen valor.

Otra herramienta de la que se puede echar mano es la matriz de la cadena de valor, herramienta que permite clasificar todas las actividades de una organización en nueve categorías distintas, de las cuales, cinco de ellas son

clasificadas como actividades primarias y el resto como actividades de apoyo (Porter 2003). Con ello se define que las actividades primarias son aquellas que se involucran con el movimiento físico de los productos o materias primas, actividades que tienen que ver con la elaboración del producto, con su mercadotecnia, ventas y servicios subsecuentes producto del seguimiento de las ventas.

La importancia que tiene utilizar esta herramienta según Porter, consiste en que al clasificar las actividades de la organizaciones en estas actividades sienta las bases para alcanzar una superioridad competitiva ya que su análisis permite identificar los factores críticos de éxito que son esenciales para la competitividad, y permite además entender como desarrollar competencias que proveen a las empresas de una base sólida para el liderazgo en el mercado.

Esta herramienta tiene un papel preponderante este punto debido al concepto que hemos desarrollado a lo largo de este trabajo, la importancia del valor y con ello podemos decir que el valor agregado para la empresa se crea cuando la contribución del comprador excede el costo total resultante de completar todas las actividades de la cadena y con ello se determina con mayor claridad que actividades o conjunto de ellas permiten satisfacer de mejor manera las necesidades de los clientes.

Por último es necesario fomentar la estandarización del trabajo de manera que siguiendo los principios de la economía de movimientos, los operadores sean más productivos invirtiendo menos energía al realizar sus operaciones y así poder dejar asentado la operación de cada uno de los roles identificados anteriormente eliminando el empirismo en las actividades y eliminando el conocimiento centralizado en los operadores más antiguos.

Es importante recalcar que en este punto de la metodología propuesta se busca identificar los procesos más importantes para incrementar el throughput teniendo en cuenta que de no tenerse identificada la restricción no se pueden alinear las operaciones para que contribuyan a alcanzar el objetivo propuesto.

3.5.3 IMPLEMENTAR:

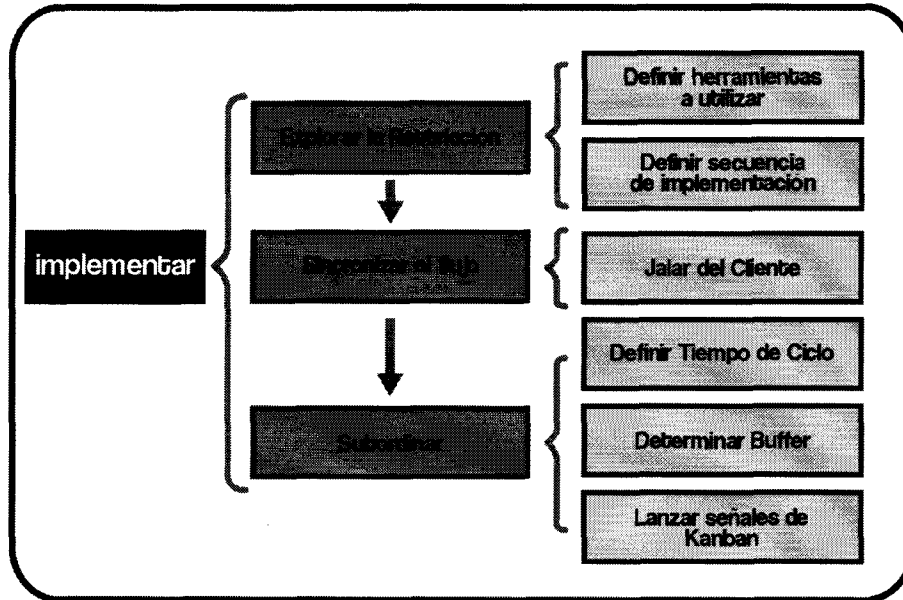


Imagen 5 Implementar

Siguiendo con las filosofías antes revisadas y ya con las actividades de valor definidas, es necesario sacarles provecho con la intención de eliminar la mayor cantidad posible de desperdicios sin sacrificar la flexibilidad de las operaciones. Para lograr esto, es necesario utilizar una serie de herramientas que nos permitirán hacer un uso más eficiente de los recursos disponibles, nos permitirán sincronizar mejor las operaciones y hacer más eficientes los procesos optimizando de esta manera las actividades que agregan valor.

Dentro de las herramientas que se utilizan en este punto esta la implementación del sistema tambor cuerda amortiguador (DBR por sus siglas en inglés), se propone además mejorar la distribución del área, utilizar un sistema andon, jidoka, desarrollar e implementar una serie de instrucciones gráficas para desarrollar el trabajo de los operadores, utilizar kanban y kaizen para buscar la eficiencia y mejora continua de las operaciones.

Herramientas comunes en el mundo de la manufactura y que son claves para la mejora en los procesos, dicho esto es necesario que la aplicación de cada una de las herramientas se realice de manera estructurada asentando por escrito la metodología individual que propone cada herramienta al igual que un

programa que muestre las etapas para capacitar a los responsables del proceso y un cronograma para definir el horizonte de tiempo que se utilizará.

Un punto importante es que la herramienta que presenta la mayor importancia al aplicar es "jidoka" ya que con esto nos aseguramos de no sacar productos defectuosos al siguiente proceso.

Un proceso difícil de definir es que herramienta utilizar primero por lo cual se utiliza la matriz propuesta por Hines en donde mediante una matriz simple se jerarquizan las herramientas a utilizar, la manera en como se utiliza este método gráfico consiste en colocar las herramientas seleccionadas en los ejes superior y vertical, remarcando que las relaciones están en la parte interior de la matriz siguiendo la simbología para su identificación. (Hines et al 1998).

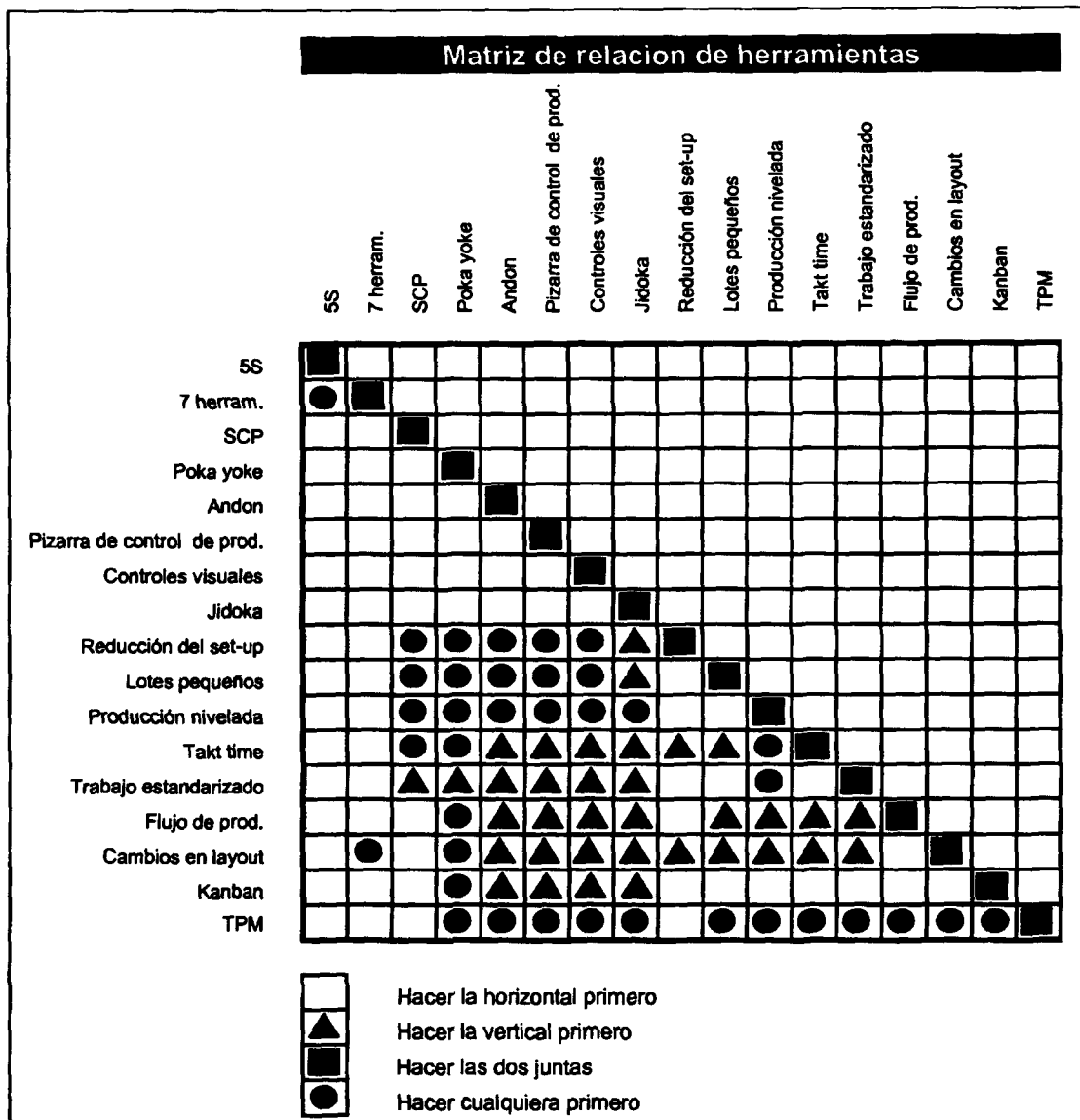


Imagen 6 Matriz de Relación de Herramientas

El objetivo de la matriz es estructurar las herramientas disponibles para utilizar en este paso y provee una manera más sencilla de identificar que herramienta se implementará primero y cual después sentando las bases en cada metodología anterior para cumplir con los requisitos de las metodologías subsecuentes en la jerarquización.

3.5.3.1 Subordinar:

Este punto consiste en subordinar todos los demás procesos a la restricción de manera que el recurso restrictivo sea el responsable de marcar el paso, en este punto se utilizan la herramienta de las 5's para facilitar la operación de las operaciones, además se implementan las señales del kanban.

3.5.3.2 Sincronización del flujo

En este paso es importante recalcar que para el completo desarrollo de la metodología es necesario sincronizar el flujo. Una herramienta que nos ayuda en este paso es el rediseñar el lay out, con esto, el flujo de los productos a través del sistema es continuo, de esta forma la implementación de cambios para sincronizar los flujos será más sencilla.

Para hacer un flujo continuo y de tipo "Jalar" (exclusivamente en el sistema bajo estudio), es necesario trabajar y determinar los tamaños óptimos de lote, la determinación de uso de tarjetas kanban y el uso de andón en áreas específicas del proceso. Estos tres factores complementarán la sincronización del flujo.

3.5.3.3 Jalar del Cliente

Para lograr un sistema justo a tiempo como el que utilizan muchas empresas en la actualidad, se debe sincronizar el flujo de la empresa a la orden del cliente a través de un sistema kanban, para ello es necesario conocer si el flujo de producción esta a tiempo con lo que el cliente demanda a través de un sistema "takt time".

En este punto, es necesario determinar el ritmo de producción, con esta actividad se busca eliminar la mayor parte de los tiempos que no agregan valor al producto, de esta manera poder contar con un flujo de valor más corto y más

eficiente. El tiempo promedio para cumplir con los requerimientos demandados por el cliente se conoce como "ritmo de producción", o "takt time".

Para poder definir este ritmo existen dos elementos fundamentales:

- La demanda del cliente.
- La capacidad de la empresa para satisfacer dicha demanda.

La orden del cliente es la que determinará la cantidad de productos deseados en un momento dado del periodo de producción, y la empresa debe de ser capaz de producirlo lo más pronto posible. Los problemas que se pueden presentar en el sistema bajo estudio se basarían en la capacidad del cuello de botella (recurso restrictivo) que es el proceso o recurso que determina la capacidad de toda la empresa. Se esperaría que después de "explotar la restricción" estos problemas no se presentaran y la capacidad de la empresa será mayor a la de los clientes, y así poder maximizar el throughput en otros sectores.

Los pasos para implementar el takt time son los siguientes:

- Determinar cuales familias de productos son los que se desean analizar.
- Pronosticar una demanda diaria apegada a la demanda real para cada una de las familias seleccionadas.
- Determinar el tiempo de trabajo promedio.
- Calcular el "takt time" con la siguiente fórmula:

$$\text{Takt time} = \frac{(\text{horas trabajadas por turno}) \cdot (\text{número de turnos trabajados por día})}{(\text{demanda diaria del cliente})}$$

3.5.4 CONTROLAR:

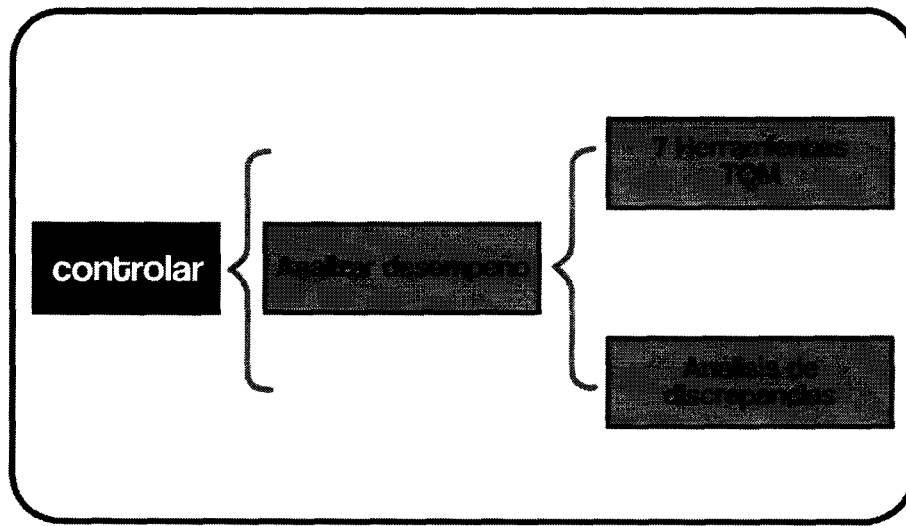


Imagen 7 Controlar

Una parte importante de esta herramienta consiste en darle seguimiento a los procesos y documentar el desempeño que ha tenido la implementación de esta herramienta y para asegurarnos de su buen desempeño nos apoyamos de las 7 herramientas de la teoría del control total de calidad (TQM por sus siglas en ingles) y del análisis de discrepancias para ver el desempeño del sistema antes de implementar la herramienta comparado contra después de implementarla.

En este paso se tiene como objetivo determinar el nivel de implementación en función de la meta establecida. Es aquí donde se evalúan los resultados obtenidos después de la implementación de los proyectos de mejora y las herramientas de las que nos apoyamos.

Los resultados arrojados en este paso de análisis del sistema, se consideraran en esta fase. La manera propuesta para evaluar la implementación, de acuerdo al criterio del autor del presente documento, es mediante el uso de análisis de discrepancias y las herramientas de TQM necesarias.

El fin de esta evaluación es determinar los puntos críticos que no se cumplieron durante la evaluación, para poder ser considerados en la siguiente etapa de la metodología.

3.5.5 Retroalimentación:

La retroalimentación es importante en la presente herramienta ya que con la información obtenida del paso anterior, se puede observar si se eliminó la restricción o si al menos se incrementó su capacidad, siendo este punto uno de los más importantes de la mejora continua, comunicar los resultados para iniciar de nuevo la aplicación de la herramienta buscando no caer en la inercia.

Este punto de la herramienta permite volver al inicio tratando de no caer en la inercia y consiste en regresar al punto I de la metodología, de tal manera que se siga con el ciclo de mejora continua buscando la innovación constante para mantener e incrementar el nivel del sistema esbelto dentro de la misma.

Se pone en marcha el sistema cuando se inicia con el punto I de la metodología considerando los comentarios y los puntos críticos definidos en la evaluación realizada en la etapa anterior. De tal manera se propone una metodología que no termina, sino que continua integrando todos los conceptos y las herramientas útiles para la generación de una organización esbelta, libre de procesos que generen desperdicios y con procesos estables; logrando de esta manera el incremento de utilidades de la empresa.

3.5.6 Conclusión:

La metodología propuesta por el autor de la tesis, integra conceptos de Manufactura Esbelta, Teoría de las Restricciones, en un solo modelo que captura lo mejor de cada una, de manera que se complementen y se eliminen sus debilidades individuales. Las fases presentadas en este capítulo están diseñadas para empresas manufactureras preferentemente, pero no se prohíbe su adaptación para utilizar los conceptos en organizaciones de servicio.

CAPITULO IV: Caso Práctico de Aplicación

4.1 EMPRESA.

El presente trabajo de tesis se realizó con base en los resultados obtenidos de la implementación del sistema propuesto que combina las filosofías mencionadas en los capítulos anteriores en la empresa UCAR Carbón Mexicana S.A de C.V ubicada en Apodaca, Nuevo León. La empresa cuenta con un sistema jerárquico bastante sólido y cumple con todos los requerimientos estratégicos necesarios para una operación en un mundo globalizado.

Es necesario aclarar que tanto los datos presentados en este capítulo como en los siguientes han sido modificados para mantener la confidencialidad e integridad de la compañía.

4.1.1 VISION:

Ser una compañía global enfocada a sus clientes y comprometida a fabricar los mejores productos de grafito y carbón de la industria.

4.1.2 MISIÓN:

Crear valor para sus accionistas, maximizando el flujo de efectivo, incrementando las utilidades y siendo el productor de más bajo costo de los productos de mejor rendimiento de la industria. Estos logros son alcanzados por una administración involucrada y participativa, comprometida con la seguridad y con la excelencia ambiental.

4.1.3 FILOSOFIA DE LIDREAZGO:

- Altos logros

Está enfocada externamente, especialmente sus clientes, pensamos estratégicamente y actuamos efectivamente.

En el ambiente dinámico y cambiante del mundo actual alienta la iniciativa, el pensamiento innovador y la plena participación de sus equipos autodirigidos. Se esfuerza por alcanzar la excelencia y la mejora continua al comparar sus parámetros con los estándares más altos.

- Fortaleza de carácter

El deseo de liderazgo consiste en desarrollar una estrategia ganadora, construir un gran equipo gerencial, inspirar a sus empleados a que hagan lo mejor, tener una organización flexible y responsable y actuar y vivir con una integridad y dignidad profesional absolutas.

- Un liderazgo bien planeado

Actúan y dirigen con pasión, energía, inteligencia y respeto por los demás. Se comunican frecuentemente y ofrecen una dirección clara con una actitud positiva y con modestia. Su objetivo consiste en que cada uno de los empleados pueda decir lo siguiente con plena seguridad, "Es estupendo trabajar para esta compañía".

4.2 PROCESO DE PRODUCCIÓN:

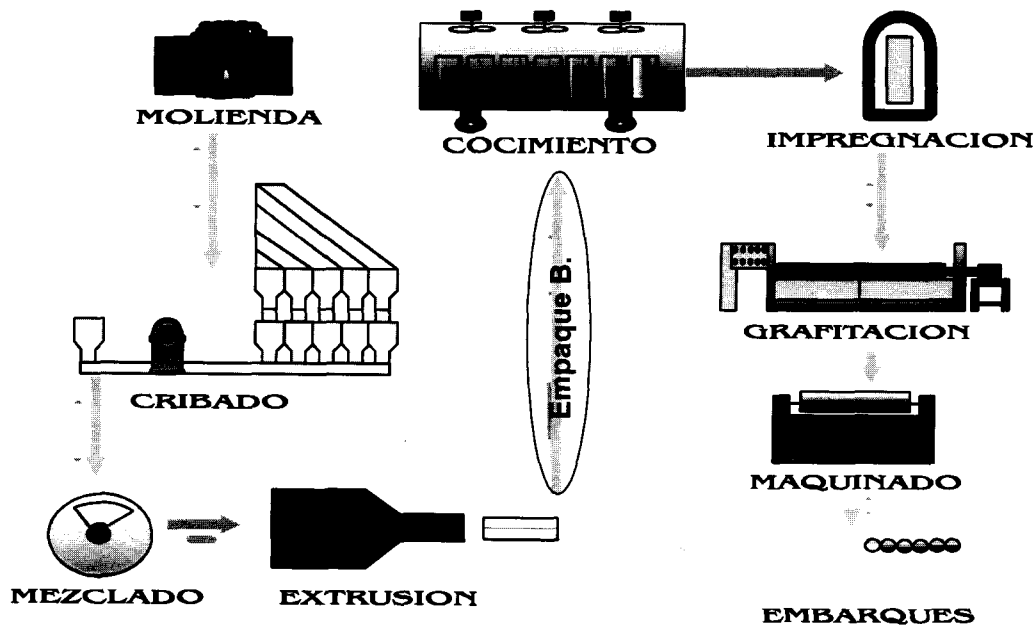


Imagen 7 Diagrama proceso de Producción

4.3 PRODUCTOS:

UCAR Carbón es una empresa dedicada a la fabricación de electrodos de grafito, los electrodos se utilizan en los hornos de arco eléctrico para la fundición de acero. Actualmente son los únicos productos que cuentan con un alto nivel de conductividad eléctrica y la capacidad de mantener los altos niveles de calor generados en este ambiente tan demandante. Los electrodos de grafito se utilizan también para refinar el acero y en otros procesos de fundición.

4.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

El área donde se aplicó la herramienta está encargada de la carga y descarga de material de diversas medidas, incluye el proceso de empaque de todas las medidas de nipples y en electrodos, en medidas menores de 18 pulgadas.

El proceso de **cilindros de 64"**, las piezas son cargadas en un solo cilindro que posee un diámetro de 64". El número de piezas cargadas depende del diámetro de la pieza, ya que estas van dentro de una forma que sirve para sostener las piezas durante el empaque con coque acondicionado.

El coque acondicionado es puesto dentro del cilindro de 64" por medio del "Cuete empacador", que es un cuete con una medida de 31" x 82", el cual tiene unas compuertas por la parte inferior. Mientras la grúa de 10 toneladas lo sostiene, alguno de los operadores abre las compuertas para que el coque caiga hacia el cilindro. También de esta manera se preparan los fondos.

Luego que ya está cargado con todas las piezas correspondientes dentro y que ya está empacado el cilindro, se procede a llevar hacia el carro en el cual caben 22 cilindros.

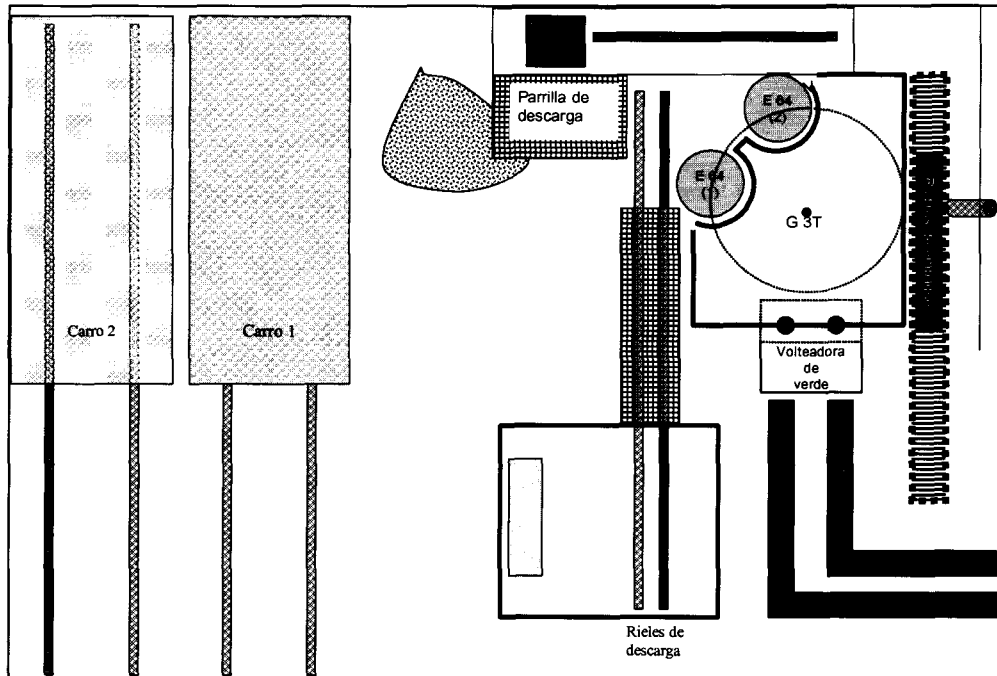
4.4.1 LAYOUT AREA:

Imagen 8 Layout Empaque B

4.5 DESCRIPCIÓN INDIVIDUAL POR SISTEMAS.

UCAR Carbón cuenta con los siguientes recursos en el área seleccionada, a continuación se presenta una breve descripción de cada uno de ellos.

- *Grúa viajera con capacidad de 10 toneladas*

La mayoría de los movimientos del proceso, son realizados por la grúa de 10 toneladas. Participa en todas las actividades de manera importante.

Operada por el enlace (persona que dirige al equipo de trabajo) involucra los movimientos de los equipos y personas y sus actividades. Es un recurso insustituible debido a las dimensiones de los materiales y productos.

- *Grúa (polipasto) con capacidad de 3 toneladas*

Equipo encargado solamente de colocar las piezas en su destino de carga, ya sea empacando en cuates o cilindros de 64”.

Comienza sus actividades tomando el material que se encuentra en la volteadora de verde, luego transporta las piezas hacia los rodillos de carga (si se empaca cuates) o hacia el área de empaque para 64” (si se empaca en cilindros).

- *Montacargas.*

El montacargas es utilizado para el abastecimiento y liberación de piezas principalmente.

El abastecimiento de piezas de verde, traídas desde el departamento de formado, procede cuando el operador, según el programa de producción coloca las piezas en las cadenas/bandas de carga, conforme se vaya desarrollando el proceso.

La liberación abarca cuando se empiezan a descargar las piezas de los rieles de descarga, que es donde se ponen todas las piezas cuando son descargadas. El montacargas espera la acumulación de piezas para evitar movimientos posteriores innecesarios.

- *Volteadora de verde.*

Las Cadenas/bandas de alimentación son operadas *manualmente* por el operador de la plataforma con el fin de alimentar la volteadora de verde, que es operada de la misma manera.

La volteadora prepara la posición de las piezas con el fin de que la grúa de 3 T fácilmente pueda tomarlas para su transportación al empaque.

- *Sistema de alimentación de coque.*

El sistema de alimentación de coque es un factor importante del proceso.

Actualmente la materia prima es el coque metalúrgico que se alimenta en la torre de reacondicionamiento, con un tamaño de partícula de 6/20 y su densidad promedio es de .724.

Este se utiliza para empaquetar las piezas tanto en cuates y cilindros de 64"; no se utilizan los procedimientos de fondeo o copeteo con tamaños de partículas especiales.

El ciclo que realiza el sistema de alimentación de coque puede considerarse desde que el coque cae sobre la parrilla de descarga. Esta a su vez, lo direcciona hacia la banda que lo lleva hacia el elevador. El elevador lo envía al sistema de cribas, en el cual solo está colocada la malla de la medida 6/20; el material que no pasa a través de esta medida de malla (terrones o gruesos), es conducido hacia un ducto que va al molino y luego lo vuelve a elevar.

El material de tamaño pequeño es llevado hacia el silo de finos que se encuentra en la parte sur del Empaque B (la parte que da hacia los hornos) después de la malla 6/20, se tiene la distribución hacia la principal tolva utilizada, que es la *tolva de empaque*. La salida de esta tolva está controlada por un mecanismo hidráulico operada desde la plataforma de la grúa de 3T, ya que este es el coque utilizado para las operaciones de empaquetado.

Existe otra manera de entrada de coque al sistema, ya que en ocasiones se presenta el caso de que el sistema se queda sin coque. Esto consiste en la adición de coque, ya sea nuevo (en bolsas de 1 tonelada) o en tolvas manejadas por el montacargas, sobre la parrilla de descarga.

4.6 PROBLEMÁTICA.

A continuación se presentan una serie de problemas que afectan a la empresa, estos problemas son el resultado, como se mencionó en capítulos anteriores, de la falta de eficiencia y sincronización en las operaciones, lo que afecta la competitividad de las empresa en el mercado global.

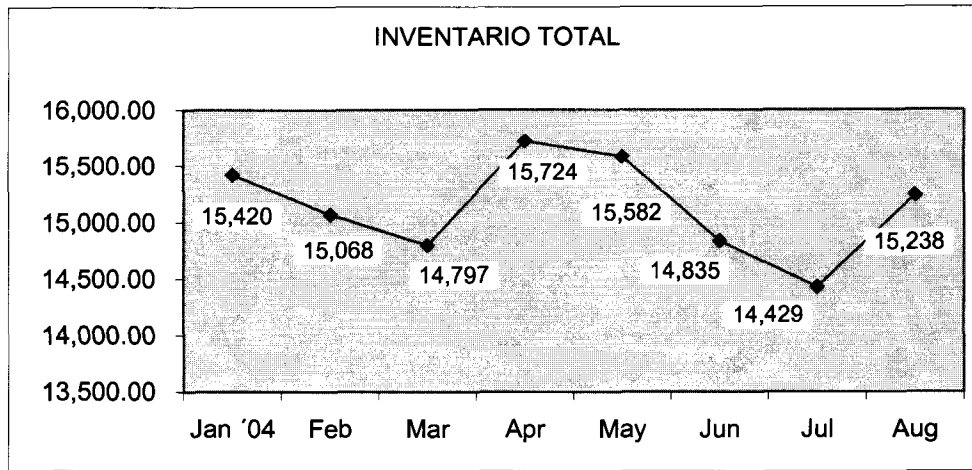
Para tocar estos problemas de ineficiencia utilizaremos unos indicadores clave como el nivel de inventario, el throughput dollar day, porcentaje de scrap y entregas, que son importantes para cada una de las filosofías utilizadas utilizadas y que nos servirán de referencia para demostrar las deficiencias operativas.

POCA ROTACIÓN DE INVENTARIOS

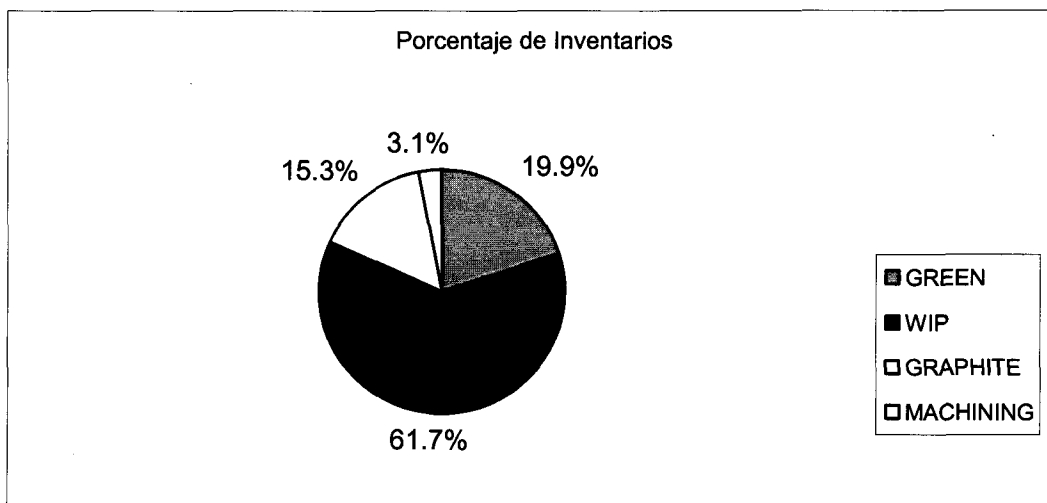
En primera instancia es necesario hablar del inventario, en total en la planta se manejan 4 tipos de inventario, estos inventarios tiene varias finalidades el primero es como amortiguador entre operaciones de manera que se pueda mantener la independencia entre ellas y no tener que parar la operación hasta que un operación anterior termine sus partes.

Otro factor importante que considerar por el cual esta compañía mantiene inventarios es para mantener una reserva de seguridad como protección contra variaciones en la demanda. Los inventarios que manejan son Inventario en proceso, de Verde, Inventario de Grafito e Inventario de Maquinados.

Es por ello que en las siguientes graficas podemos observar la cantidad de inventario total y su variación total previo al estudio realizado para el desarrollo de la presente tesis, además se presenta la grafica que presentan el porcentaje del total que representa cada inventario.



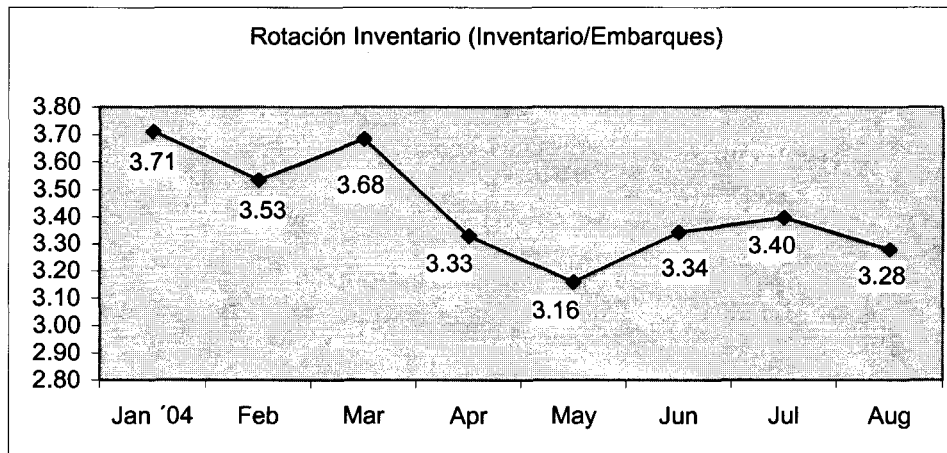
Grafica 1 Inventario Total



Grafica 2 Porcentaje de Inventarios

Como se puede observar, el 61.7% del total del inventario se concentra en inventario en proceso, esto significa que las operaciones no son lo suficientemente eficientes como para hacer el flujo de material mas uniforme, cabe mencionar que de acuerdo a la definición de inventario en proceso, este inventario incluye componentes o materiales que han sufrido algún tipo de transformación y que aún no están terminadas. (Heizer, Render 2001).

Este inventario en parte es grande por los tiempos de ciclo que se manejan en la empresa, pero aun así no se justifica debido a los indicadores que se presentan a continuación ya que el tener el inventario no significa que se pueda cumplir con las órdenes a tiempo como se verá mas adelante.



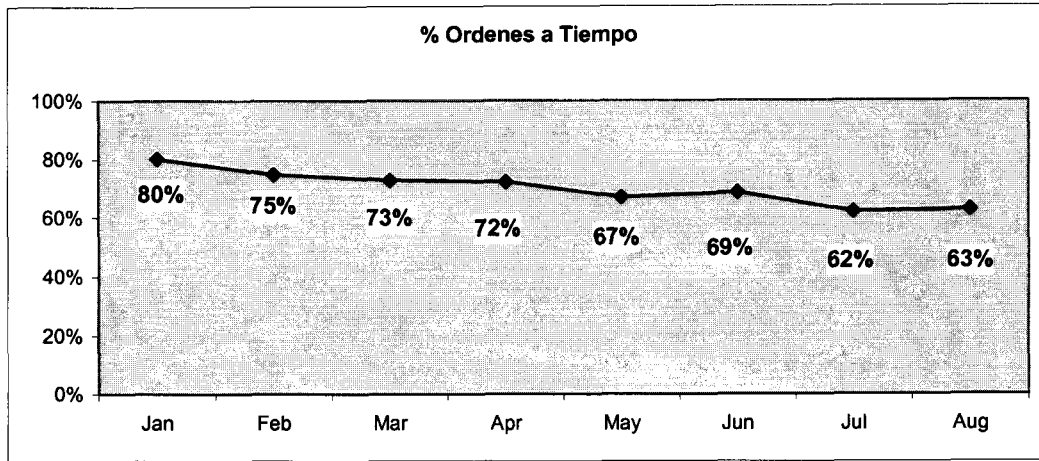
Grafica 3 Rotación Inicial de Inventario

Uno de los principales problemas que se presentan en la compañía es la baja rotación del inventario el cual ha tenido una fluctuación variable con una tendencia a la baja lo que significa que cada vez se cuenta con mayor cantidad de inventario, recordando que las cifras manejadas de aquí en adelante han sido afectadas, la rotación del inventario ha fluctuado entre 3.71 y 3.28 como se muestra en la gráfica anterior.

Ordenes a Entregadas a Tiempo

Según Womack, el 95% de los tiempos de entrega (lead times) no agregan valor al producto. Siguiendo sobre la misma línea de la eficiencia, el presente indicador nos muestra el comportamiento de las entregas de las órdenes, al hacer una revisión de los datos históricos desde enero del 2004 se puede observar una ligera tendencia a la baja lo cual nos indica que cada vez se está cumpliendo menos con los compromisos establecidos impactando las ganancias de la empresa y la imagen ante los clientes.

En la siguiente gráfica se muestra el comportamiento presentado por las órdenes entregadas a tiempo previas a la implementación del presente trabajo.



Grafica 4 Porcentaje Inicial Ordenes a Tiempo

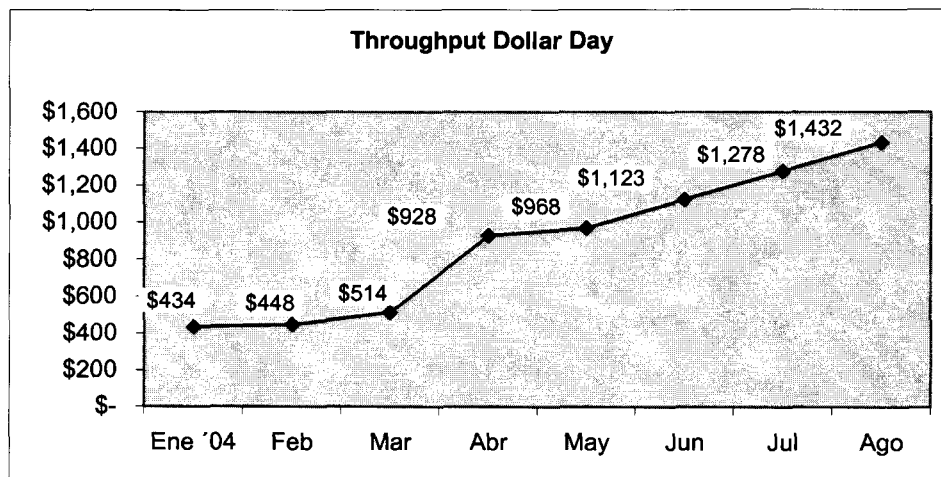
Throughput Dollar Day

Según APICS, esta métrica se define como la pérdida de rendimiento causado por las demoras de la entrega:

$(\$)$ el valor de la venta del producto X el número de días de retraso.

Con esto se puede identificar cuanto dinero deja de recibir la empresa por cada orden atrasada y a la larga este valor impacta el desempeño global de la compañía (CASH FLOW).

En la siguiente gráfica se presenta la información histórica de este indicador por meses en el 2004, estas cantidades están en miles de dólares:



Grafica 5 Throughput Dollar Day Inicial

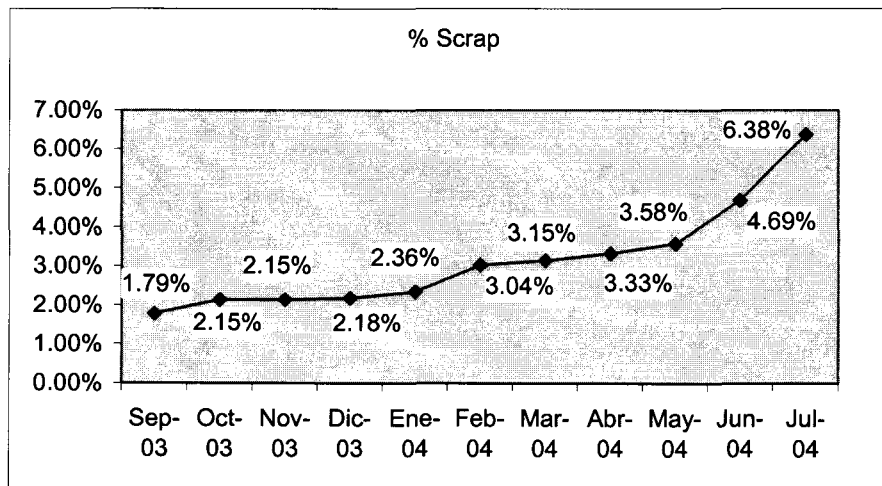
Como se puede observar, la tendencia a partir de marzo del 2004 fue a la alza, lo que nos indica que cada vez se tuvieron mas órdenes atrasada, lo que fue impactando notablemente el indicador y la cantidad que se dejó de ganar conforme se tuvieron mas ordenes retrasadas se incrementó.

La Producción en el 2003 era de 44,000 toneladas por año, la cual fue incrementando hasta llegar a una producción de 60,000 toneladas por año, es decir que la ineficiencia continuó a pesar del incremento en la producción.

Desperdicio (SCRAP):

Este indicador es muy importante ya que muestra la cantidad de material que se desperdicia en los procesos, este indicador incurre en ciertos costos por tonelada los cuales varían dependiendo del proceso.

A continuación se muestra la gráfica que representa el comportamiento histórico de este indicador antes del inicio del presente trabajo, el cual nos servirá como referencia para comprobar el desempeño del modelo.



Grafica 6 Porcentaje de Desperdicio

El costo por tonelada en cocimiento es de \$1000 USD y a continuación se presenta una tabla con los datos de la grafica anterior en donde podemos observar la cantidad de toneladas desperdiciadas y su costo aproximado.

Mes	Tons Desperdicio	Costo
Sep-03	1198	\$1,198,247
Oct-03	1440	\$1,440,291
Nov-03	1440	\$1,440,291
Dic-03	1462	\$1,461,528
Ene-04	1578	\$1,578,222
Feb-04	2033	\$2,032,716
Mar-04	2109	\$2,109,404
Abr-04	2231	\$2,231,351
May-04	2399	\$2,399,267
Jun-04	3141	\$3,140,553
Jul-04	4270	\$4,269,864

Tabla 2 Toneladas vs Costo de Desperdicio

4.7 Conclusiones:

Haciendo un análisis detallado de estos indicadores podemos darnos una idea general de la situación en la que se encuentra la empresa, de las ineficiencias que tiene en sus procesos y de las áreas de oportunidad que se pueden atacar para hacer a la empresa más competitiva.

En el siguiente capítulo se presenta los resultados obtenidos de la implementación del presente trabajo.

CAPITULO V: Resultados de la Aplicación.

5.1. Definir: Definir el Sistema a Analizar:

La primera parte de esta metodología consiste en identificar claramente el proceso o el sistema que se va a evaluar de UCAR Carbón, para poder establecer la situación actual de la compañía en términos de un sistema esbelto.

El diagnóstico consistió en aplicar la encuesta diseñada en el capítulo III principalmente a los niveles medios y operativos de la planta los cuales tienen un mayor conocimiento de los procesos en cuanto a eficiencia, y sincronía de operaciones. En total se aplicaron 30 encuestas a cada departamento.

En la tabla 5.1 se presentan los resultados de este diagnóstico realizado para cada área de la empresa, partiendo de la premisa que en esta tabla se muestra el resultado promedio que obtuvieron todas las áreas encuestadas, y en donde se puede apreciar claramente que proceso obtuvo el resultado más bajo, cuales son los procesos más “sanos” y cuales los que seguirían a atender.

Estos resultados sirvieron para poder determinar el sistema bajo estudio, la meta y los ajustes necesarios así como también sirvieron para determinar el nivel de capacitación necesario para el personal de área.

En esta primera fase se proporciona la estructura necesaria para la implementación de la metodología.

		Promedio de Encuestas									
		Molienda	Cribado	Mezclado	Extrusión	Empaque A	Empaque B	Empaque C	Cocimiento	Impregnación	Grafitación
Desempeño	Throughput	5	4	4	3	3	3	4	4	5	5
	Gasto Operativo	2	3	3	5	3	2	2	5	4	4
	Inventario	3	5	4	5	2	3	4	4	4	4
	Rentabilidad	3	4	3	4	2	2	3	3	3	5
	Productividad	4	3	4	5	3	2	4	4	4	3
Operación	Nivel de Desperdicio	4	4	3	4	2	1	3	3	5	4
	Nivel de Variación	5	4	5	4	4	3	2	3	4	3
	Satisfacción CI	4	5	4	3	3	2	3	4	4	4
	Satisfacción CE	4	5	3	4	4	2	3	5	4	3
	Transporte/Movimiento	5	5	4	4	2	3	2	3	3	5
	Calidad	4	5	5	3	3	3	3	3	5	4
	Eficiencia	4	4	4	4	2	2	4	4	5	3
	Eficacia	3	5	4	3	4	2	2	4	5	4
	Entregas a Tiempo	3	3	3	5	3	2	3	4	3	3
	Estandarización	3	5	4	3	4	1	4	4	4	4
RH	Capacitación	5	4	4	3	3	1	3	4	4	4
	Rotación	4	4	3	4	3	4	3	4	4	3
	Experiencia	5	3	5	5	3	3	2	4	3	3
	Motivación	4	4	4	4	4	2	3	4	4	5
	Compensaciones	3	4	3	3	3	3	4	3	5	5
TOTAL		78	82	77	79	61	46	62	78	81	79

Tabla 3, Resultado Promedio de Encuestas

Ponderación	
1	Pésimo
2	Deficiente
3	Regular
4	Aceptable
5	Excelente

5.1.1 Definición de Valor

En esta sección de la metodología se hace referencia a la importancia que tiene el establecer los indicadores necesarios como base para definir y detectar los resultados. Por lo tanto se determinaron los indicadores que le serán útiles para poder continuar con la implementación pudiendo ofrecer al cliente el mayor valor posible en términos de sus requisitos obtenidos en el análisis QFD.

El siguiente paso, consistió en la utilización de la herramienta propuesta en el capítulo anterior, la función de despliegue de calidad (QFD por sus siglas en inglés), con ella se logró determinar las principales expectativas del cliente. Los resultados de este estudio se clasificaron de la siguiente manera en orden de importancia, para clientes externos:

1. "Entregas a tiempo".
2. "Calidad de producto".
3. "Respuesta ante rechazos de productos".

En lo que respecta a los requisitos de los clientes internos se identificaron dos áreas de oportunidad bastante interesantes:

1. "Menores tiempos de entrega".
2. "Reducción de inventario".

Cabe mencionar que los resultados del valor por parte de los clientes internos, es en referencia al área involucrada y perteneciente al sistema definido. La información obtenida en esta parte de la metodología es de vital importancia para la toma de decisiones que se tomaron en el paso III, de la implementación de esta metodología.

5.2. Analizar: Identificar las restricciones del sistema

Después de haber analizado la secuencia de generación de valor, así como haber definido los principales desperdicios del sistema, el siguiente paso fue identificar las restricciones de nuestro sistema. Los cálculos de las capacidades y utilidades de cada proceso perteneciente al sistema fueron elaborados en base a los últimos dos meses de operación de la compañía, y fueron recolectados por el grupo de trabajo con los jefes de área dueños del proceso.

Cabe mencionar que todos los números de parte de la compañía pasan por los mismos procesos. La siguiente tabla muestra de acuerdo a los porcentajes de utilización cual es el recurso restrictivo del sistema analizado, estos valores son el resultado de un análisis de capacidad de proceso para ver a que capacidad estaban trabajando:

		Recurso	% Utilización
Sistema bajo estudio		Gura 10 Toneladas	78%
		Polipasto 3 Toneladas	98%
		Volteadora de verde	70%
		Sistema de Alimentación	60%
		Bandas	68%
		Gusano	75%

Tabla 4 Resultados Análisis de Capacidad

Con esta tabla podemos observar que el recurso restrictivo es el polipasto de 3 toneladas debido a que los demás recursos tienen demasiada holgura para incrementos en capacidad, sin embargo el polipasto está trabajando casi al 100% de su capacidad.

La consideración más importante dentro de la aplicación de esta metodología, es no perder el enfoque de un sistema esbelto, que establece la eliminación del desperdicio como un punto crítico y un desperdicio claro en esta empresa es el tiempo.

5.2.1 Definir la Secuencia de Valor

Durante esta etapa de la metodología, se llevaron a cabo diversas actividades para lograr la identificación de las actividades que agregan valor, así como identificar los desperdicios del sistema bajo estudio.

En este punto fue necesario realizar un mapa completo del sistema bajo estudio, para poder identificar todos los procesos que se realizan dentro del mismo, en la siguiente gráfica se puede observar el mapa elaborado omitiendo los nombres reales de los procesos, y los tiempos han sido afectados por un factor, para mantener la confidencialidad.

Otro punto importante por mencionar, es que el mapa presentado a continuación es el de solo un tipo de producto que se realiza en UCAR, el de electrodo de 64", ya que es en el que se presentaba mayor variación.

Se seleccionó este producto en especial, por ser un producto de gran demanda, de lotes pequeños pero el que presentaba el mayor reto para su manejo durante la operación.

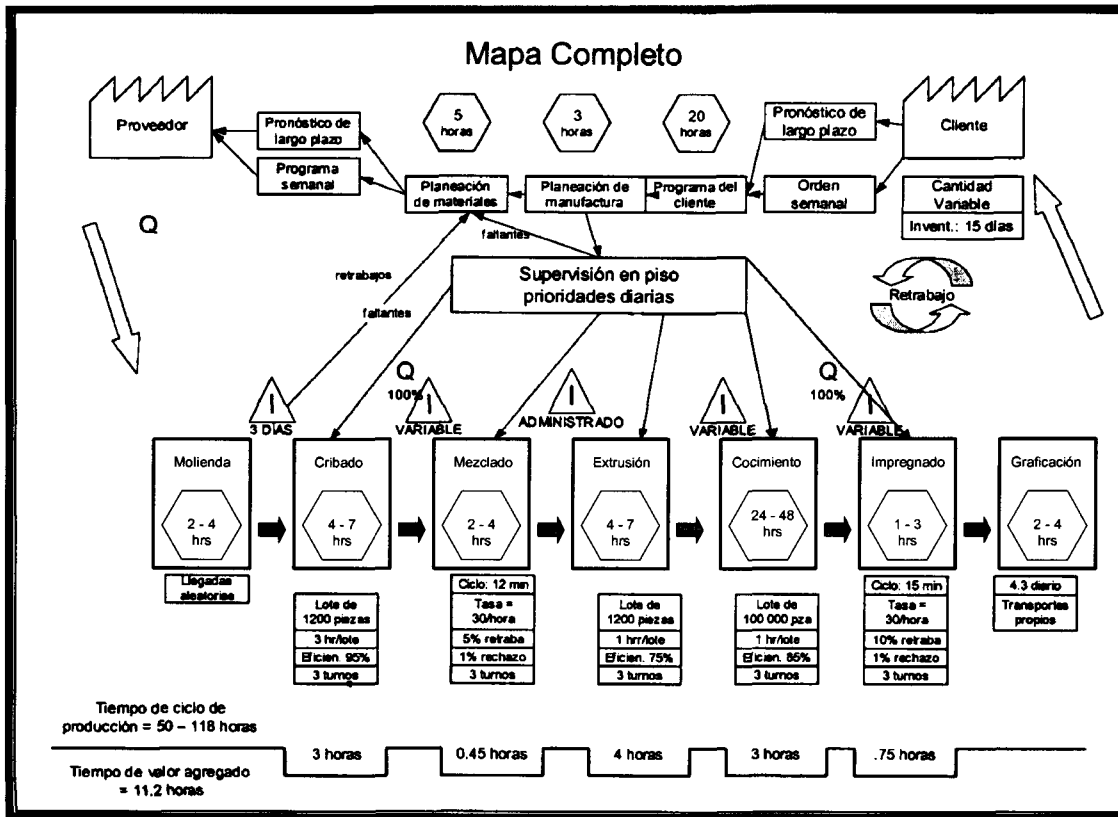


Imagen 9 Mapa Completo de Valor

En la figura anterior se aprecia el diagrama con el mapa completo de UCAR. En la parte superior de la misma se encuentra la demanda del cliente, desde sí mismo hasta los proveedores, así como los procesos administrativos necesarios para satisfacer ésta demanda. Posteriormente se desglosan todas las actividades productivas realizadas por la compañía para generar el valor esperado por el cliente.

Cada proceso contiene diversos indicadores tales como tiempos de ciclo, turnos por día y otros comentarios de carácter general.

Al final del diagrama general de la compañía se determinó el tiempo aproximado de valor agregado al producto, así como el tiempo total del proceso.

Este estudio resultó útil para visualizar los flujos de información y físicos del sistema bajo estudio, así como ayudó a determinar los desperdicios y áreas de oportunidad para después analizarlos con mayor detalle.

Todas las operaciones que agregan valor al producto, desde la recepción de materiales hasta que llega a manos del cliente, son consideradas como el flujo de valor agregado. En el diagrama general se mencionan siete operaciones: molienda, cribado, mezclado, extrusión, cocimiento, impregnación, graficación.

Para el caso de UCAR Carbón Mexicana, el flujo de valor agregado se concentra solo en dos procesos de los antes mencionados. El resto de las operaciones se consideran de apoyo para la generación de valor, y estas deben de ser optimizadas, de tal forma que absorban la menor cantidad de recursos posible.

El resto de las actividades que se realizan en la compañía y que se consideraron como actividades que no generan valor al producto deben de ser eliminadas, para reducir costos y asignar recursos estratégicamente.

5.2.2 Determinar los desperdicios del sistema

Mediante el análisis de la sección anterior, se determinaron fácilmente las actividades que no generan valor o bien los desperdicios del sistema bajo estudio. De acuerdo a sus conclusiones, los desperdicios encontrados en el sistema fueron: principalmente el desperdicio de transportación excesiva, movimientos innecesarios por parte de los operadores, inventarios innecesarios y el desperdicio de proceso.

La eliminación del desperdicio y la explotación de la restricción en un solo paso, de acuerdo a su criterio basado en la previa investigación que realizó acerca de las Metodologías de Manufactura Esbelta y Teoría de Restricciones. En el caso específico de UCAR, se demuestra que al eliminar el desperdicio, se optimizan

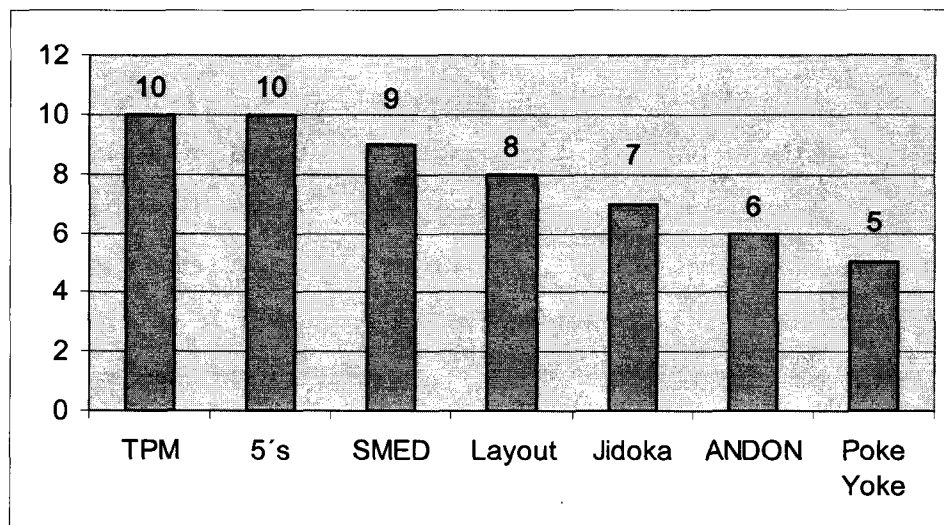
también los cuellos de botella de los mismos procesos, corroborando con lo antes mencionado.

5.3. Implementar: Explotar la Restricción:

En esta etapa el primer paso es identificar las herramientas que se van a utilizar, las cuales son de vital importancia ya que fue el motivador principal para el desarrollo del presente trabajo.

En la matriz de relación de herramientas vista en el capítulo III se colocaron las 11 herramientas tanto en el eje horizontal como en el vertical y se relacionan entre ellas acorde a la simbología que se encuentra en la parte inferior, de esta manera se obtienen las herramientas que fueron seleccionadas por ser de mayor utilidad para UCAR.

Los resultados de esta matriz se encuentran en la gráfica 7, en donde se muestra de manera esquemática la puntuación de cada herramienta al ser contrastada con el resto, hasta obtener las herramientas de más utilidad para esta primera implementación.



Gráfica 7 Resultado Herramientas

En la gráfica anterior se aprecia la ponderación que cada herramienta obtuvo. Se observa que TPM y las 5's son las herramientas de mayor puntuación, es decir que son las que el autor y los miembros de la compañía consideraron con mayor potencial de mejora tomando en cuenta la situación que prevalecía en el sistema bajo estudio.

La forma en que se presentan los resultados es jerarquizándolos respecto a su puntaje, de esta forma se observó claramente cuales herramientas fueron las de mayor importancia y cuales no tienen tanta relevancia ante la situación que se presenta actualmente. La importancia de estas dos herramientas radicó en la necesidad que tenía la compañía en disminuir los paros por reparación de los recursos, el transporte excesivo dentro de la planta, los movimientos innecesarios, la falta de estandarización y los tiempos de carga y descarga.

La otra herramienta seleccionada fue SMED, la cual beneficiaría para determinar los movimientos y actividades que no son necesarios dentro de la operación, de tal manera que el reacomodo del área se basará en las actividades de valor agregado y en base de los movimientos mínimos que un operador necesita realizar para cumplir con los procesos especificados.

Los conceptos tales como; la reducción de los tiempos de set up, los trabajadores no especializados y los trabajos estandarizados, se consideraron al momento de realizar la implementación, puesto que servirían de apoyo para que los cambios de lay out, pudieran realizarse con éxito. Algunas de las herramientas restantes, también fueron consideradas al momento de realizar la implementación de los cambios, en base a como iban surgiendo las necesidades, tal como la colocación de señales de Andón.

5.3.1 Definir Secuencia de Implementación

El objetivo principal de este punto es organizar las herramientas seleccionadas manera que se tenga contemplada su implementación en corto, mediano y largo plazo. Para esto es necesario establecer tiempos de aplicación, profundizando un poco más en aquellas herramientas que obtuvieron un mayor puntaje, en este caso TPM y 5's.

De acuerdo a los comentarios de los responsables del área, todas y cada una de las 11 herramientas seleccionadas para la matriz de relación de herramientas podrían impactar fuertemente en el buen desempeño de la operación cuello de botella que en este caso es el polipasto de 3 toneladas.

A pesar de esto, es necesario planear y programar solamente aquellas herramientas con mayor preferencia considerando los puntos específicos de su metodología particular.

Antes de implementar las herramientas seleccionadas en UCAR es necesario contar con "disciplina" en el área de trabajo, la cual se puede lograr de manera efectiva a través de la implementación de la herramienta 5'S. Esta herramienta, como ya se mencionó con anterioridad procura el orden y limpieza del área de trabajo constantemente, hasta que ésta se convierta en un habito diario de los trabajadores.

Una vez que se cuente con una cultura de trabajo ordenado, será más fácil implementar otro tipo de herramientas más complejas como lo es el SMED y el cambio en el layout.

De los beneficios más tangibles que se obtuvieron al implementar las 5's fueron permitió eliminar desperdicios y permitiendo mejorar las condiciones de seguridad industrial, beneficiando así a la empresa y sus empleados. Por otro lado esta

herramienta logró mayores niveles de seguridad lo que redundó en una mayor motivación de los empleados al sentirse integrados en el proceso de mejora de su lugar de trabajo.

Una de las mejoras más importantes fue que ante la presencia de elementos innecesarios, el ambiente de trabajo es tenso, impide la visión completa de las áreas de trabajo, dificulta observar el funcionamiento de los equipos y máquinas, las salidas de emergencia quedan obstaculizadas haciendo todo esto que el área de trabajo sea más insegura.

Se logró eliminar las pérdidas de productos que se deterioran por permanecer largo tiempo expuestas en un ambiente no adecuado para ellos; por ejemplo, material de empaque, etiquetas, envases plásticos, cajas de cartón y otros al medio ambiente o al calor de los hornos. Se prepararon las áreas de trabajo para el desarrollo de acciones de mantenimiento autónomo, ya que se puede apreciar con facilidad los escapes, fugas y contaminaciones existentes en los equipos y que frecuentemente quedaban ocultas por los elementos innecesarios que se encuentran cerca de los equipos.

Otro beneficio fue que se facilitó el acceso rápido a elementos que se requieren para el trabajo como herramientas.

Se definió junto con los responsables del área que la manera en la que se iba a implementar el mantenimiento total productivo, (TPM por sus siglas en inglés) constará de doce pasos, los cuales se definen a continuación:

- **Paso 1:** Comunicar el compromiso de la alta gerencia para introducir el TPM.
- **Paso 2:** Campaña educacional introductoria para el TPM.
- **Paso 3:** Establecimiento de una organización promocional y un modelo de mantenimiento de máquinas mediante una organización formal.

- **Paso 4:** Fijar políticas básicas y objetivos.
- **Paso 5:** Diseñar el plan maestro de TPM.
- **Paso 6:** Lanzamiento introductorio.
- **Paso 7:** Mejoramiento de la efectividad del equipo.
- **Paso 8:** Establecimiento de un programa de mantenimiento de mantenimiento autónomo para los operadores.
- **Paso 9:** Preparación de un calendario para el programa de mantenimiento.
- **Paso 10:** Dirigir el entrenamiento para mejorar la operación y las habilidades del mantenimiento.
- **Paso 11:** Desarrollo de un programa inicial para la administración del equipo.
- **Paso 12:** Implantar completamente y apoyar los objetivos.

Una vez implementado el TPM, el siguiente paso consiste en implementar el SMED. Esta herramienta se distingue por buscar pequeñas mejoras pero de manera constante [Imai 1986], de tal forma que se logre un incremento continuo en innovación y por lo tanto en productividad y desempeño general.

5.3.2 Sincronización del flujo

Hasta este punto se ha logrado eliminar los desperdicios, explotar la restricción y ha reducido en cierto porcentaje la variación de los procesos que forman parte en el área de Empaque B. Por lo tanto el siguiente punto importante para el completo desarrollo de la metodología fue la sincronización del flujo.

Se determinó que para hacer un flujo continuo y de tipo "Jalar" (exclusivamente en Empaque B), se necesita trabajar y determinar los tamaños óptimos de lote, y el uso de andón en áreas específicas del proceso. Estos factores son los que ayudarán a sincronizar el flujo.

Para determinar el tamaño de lote óptimo se utilizó la capacidad de carga del carro (57.642 toneladas) y la cantidad de coque necesaria para que el empaque del electrodo de 64" sea el adecuado (2.62 toneladas), al hacer la división simple se determina que el tamaño de lote debe ser de 22 cilindros por carro, optimizando al máximo el uso de este recurso.

Dado que el uso de este tipo de señales requiere de inversión en el presente trabajo se dejaron definidos los puntos de ubicación de las señales andón y se realizó un consenso con los gerentes de la compañía para que la propuesta fuera aceptada, además de determinar los recursos necesarios para su implementación.

Otro elemento importante para sincronizar el flujo consistió en la elaboración de manuales gráficos que se colocaron en el área, de manera que los operadores pudieran ver de manera visual como deben realizar cada paso necesario en esta área.

5.3.3 Definir el Tiempo de Ciclo

Para determinar un ciclo de producción se requiere conocer la demanda del cliente y la capacidad de la empresa para satisfacerla, datos que actualmente no se tienen bien determinados en UCAR. Una opción que se pudiera analizar es calcular el "takt time" de cada mes basado en el programa de producción y en un estimado de la capacidad del proceso, pero este indicador, aunque fuera una expresión numérica, carecería de validez, debido a que los tiempos entre piezas no es el mismo y puede variar considerablemente. Un ejemplo de esto sería el siguiente:

Considerando los datos siguientes se obtiene una demanda de 40 piezas. Si se trabajan tres turnos de 8 horas cada uno, se llegaría a la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned}\text{Takt time} &= \text{tiempo disponible} / \text{demanda del cliente} \\ \text{Takt time} &= (8 \text{ horas}) * (3 \text{ turnos}) / (6+8+8+8+8+2 \text{ tons}) \\ \text{Takt time} &= \mathbf{0.6 \text{ horas.}}\end{aligned}$$

Interpretando el resultado obtenido anteriormente se supondría que el takt time es de 36 minutos 0.6 horas, es decir, cada 36 minutos debería de estar empacada una pieza para lograr satisfacer la demanda del cliente.

5.3.4 Determinación del tamaño y localización de buffer's

La finalidad de los buffer's es la de reducir la variabilidad que se pueda presentar en un sistema, a través de colocar material en puntos estratégicos para evitar paros no programados por falta del mismo [Diosdado 1991]. Generalmente se aplican en líneas de producción o en sistemas de producción por lotes, en donde la demanda es relativamente predecible y constante, además de que los productos o familias de productos comparten varios componentes comunes y solo cambian algunos aditamentos entre pieza y pieza.

Ya se comentaba anteriormente que la demanda en UCAR en empaque B es muy poco predecible, por el tipo de proceso y piezas. Este factor impide colocar buffer's en el área, ya que los tamaños de lote de producto terminado son muy variantes.

Por los motivos anteriormente analizados el determinar el tamaño y localización de los buffer's no aplican para el área de Empaque B que es el punto de análisis de este estudio.

5.3.5 Lanzar señales kanban

Tanto la Manufactura Esbelta como en la Teoría de Restricciones se considera muy importante implementar un sistema en donde el flujo del sistema este sincronizado. Esto se puede lograr a través de diversas herramientas como la implementación de un sistema de "jalar" en donde solo es producido lo que el cliente desea y no más [Toyota PS 1998].

En el caso particular de UCAR, solamente se produce lo que el cliente pide, es decir, se tiene un sistema de "jalar", el problema es que dentro de la empresa las cosas no fluyen ordenadamente. Sin embargo, no sería tan útil la implementación de señales kanban, ya que el proceso no es de ensamble sino de preparación, en donde se preparan las piezas en los cilindros antes de pasarlos al horno, y el volumen de producción diario es muy bajo por el tipo de pieza y su contribución para incrementar la capacidad de los cuellos de botella y reducir el desperdicio serían mínimas.

En el caso particular de UCAR primero se buscó optimizar las operaciones a través de la implementación de proyectos basados en Teoría de Restricciones en todas las áreas de producción, pero al ver la renuencia de algunos trabajadores (principalmente supervisores y operarios) y más aún la falta de capacitación, optaron por "elevar" las restricciones sin optimizarlas. Un ejemplo claro de lo anterior es el tercer turno que se abrió en toda la planta.

El procedimiento propuesto para elevar la restricción utilizando esta metodología, consiste en revisar los indicadores actuales del sistema, los cuales nos dan una idea clara de cómo se esta comportando el sistema. Cabe mencionar que el elevar la restricción es parte importante de esta etapa de implementación y que se considera como función implícita para alcanzar la meta de la organización y por eso no se consideró como elemento independiente de la metodología.

5.4. Controlar: Análisis del Desempeño

Un punto importante en este trabajo es demostrar el impacto que ha tenido la implementación de dicha metodología en UCAR bajo los indicadores antes mencionados.

5.4.1. Desperdicio (SCRAP)

El primer indicador que analizaremos es el scrap o el desperdicio del proceso, en la siguiente tabla se muestran los valores históricos del desperdicio desde que se inició el proyecto.

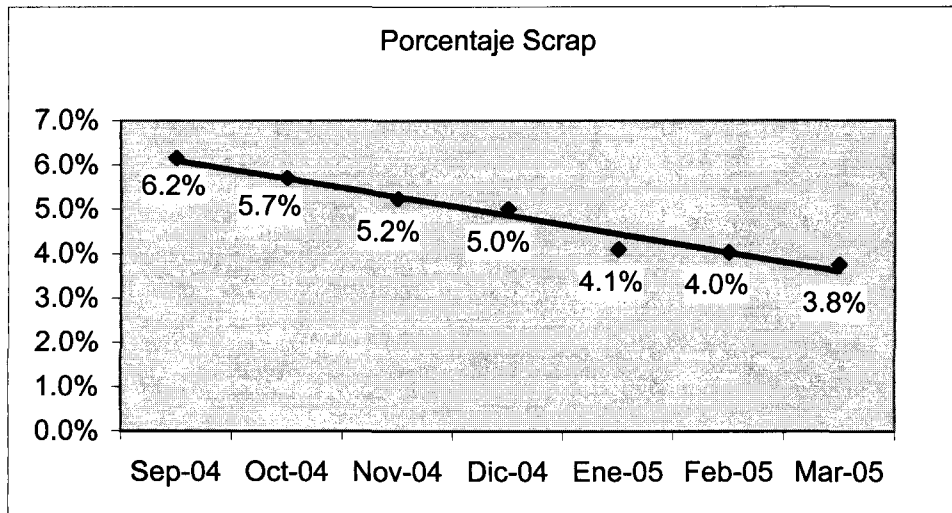
Mes	Toneladas	Porcentaje
Sep-04	4126	6.2%
Oct-04	3817	5.7%
Nov-04	3503	5.2%
Dic-04	3349	5.0%
Ene-05	2749	4.1%
Feb-05	2706	4.0%
Mar-05	2527	3.8%

Tabla 3 Reducción del Desperdicio (% vs Prod Real empaque B)

Un punto central era la reducción de desperdicios en el área seleccionada, con la siguiente gráfica podemos observar el comportamiento que presentaba el scrap al inicio del estudio, y el comportamiento que tiene después de la implementación, observando una clara tendencia a la baja, lo que significa que en cuanto a la reducción del desperdicio el modelo tiene gran impacto y hace a las operaciones mas eficientes.

Un dato importante que se debe considerar es el costo por tonelada, como el proceso de empaque B pertenece al departamento de cocimiento, el costo por tonelada, como se mencionó en el capítulo 4 es de \$1000 USD, es decir que por cada tonelada que se desperdicia, se incurre en un costo.

Es por ello que al implementar la presente metodología, se registró una disminución en el porcentaje de desperdicio lo cual se vio reflejado en un ahorro significativo como se muestra en la siguiente gráfica.

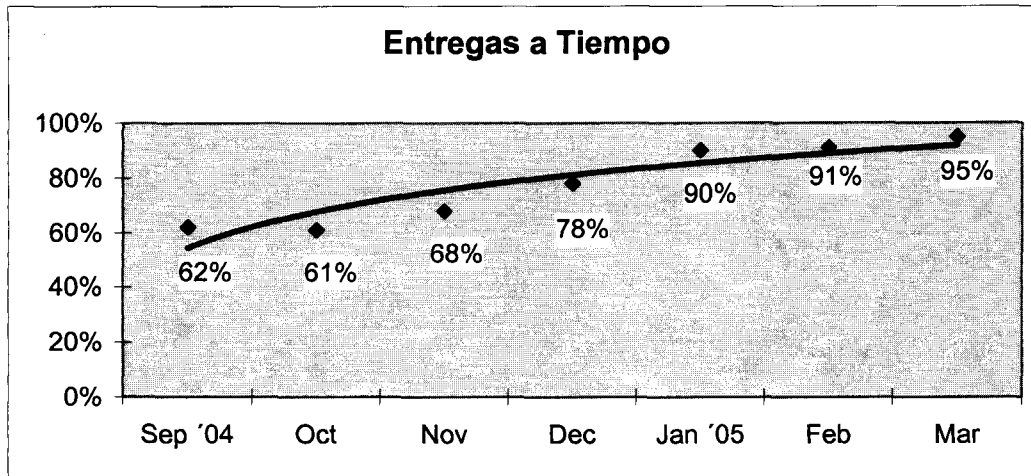


Grafica 8 Tendencia de Reducción de Scrap

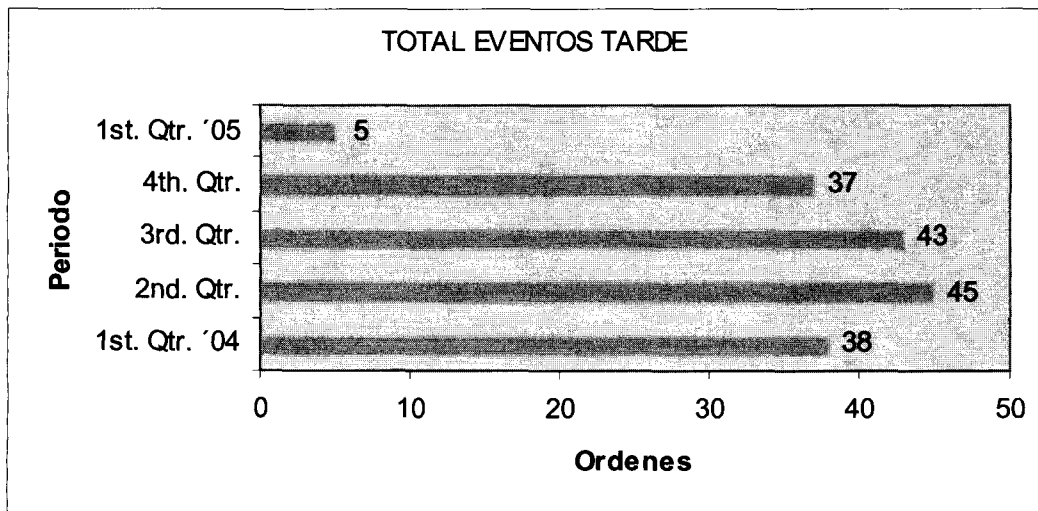
5.4.2. Entregas

Otro punto importante son las entregas a tiempo, las cuales son de vital importancia para los clientes, tanto el cliente interno como el cliente externo. Con las entregas a tiempo, se reducen significativamente los tiempos de entrega, el flujo se hace más suave y por consiguiente los desperdicios por movimientos innecesarios o por transporte se reducen.

En la siguientes gráficas se pueden observar los resultados de la implementación del modelo en empaque B indicando una tendencia a la baja, ya que en un inicio, se entregaban tarde un 35% de los pedidos, durante la implementación este indicador fue disminuyendo hasta llegar al 13% de entregas tarde lo que equivale a 5 ordenes.



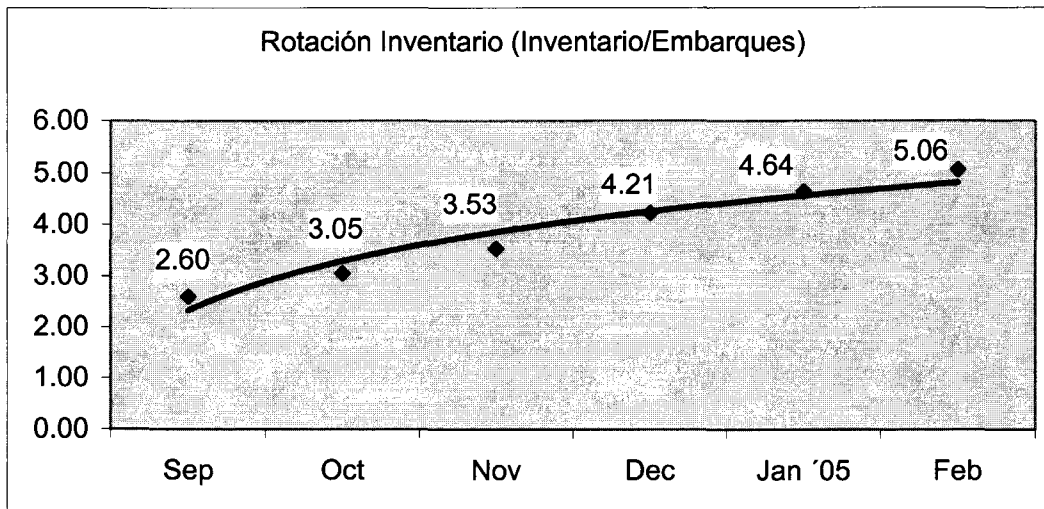
Grafica 9 Tendencia de Ordenes a Tiempo



Grafica 10 Comportamiento de Ordenes

5.4.3 Inventarios

En las gráficas siguientes se puede observar como la rotación del inventario aumentó hasta 5.06 vueltas, lo que significa que los niveles de inventario se redujeron significativamente de cómo estaban en un inicio, antes del desarrollo del presente trabajo.

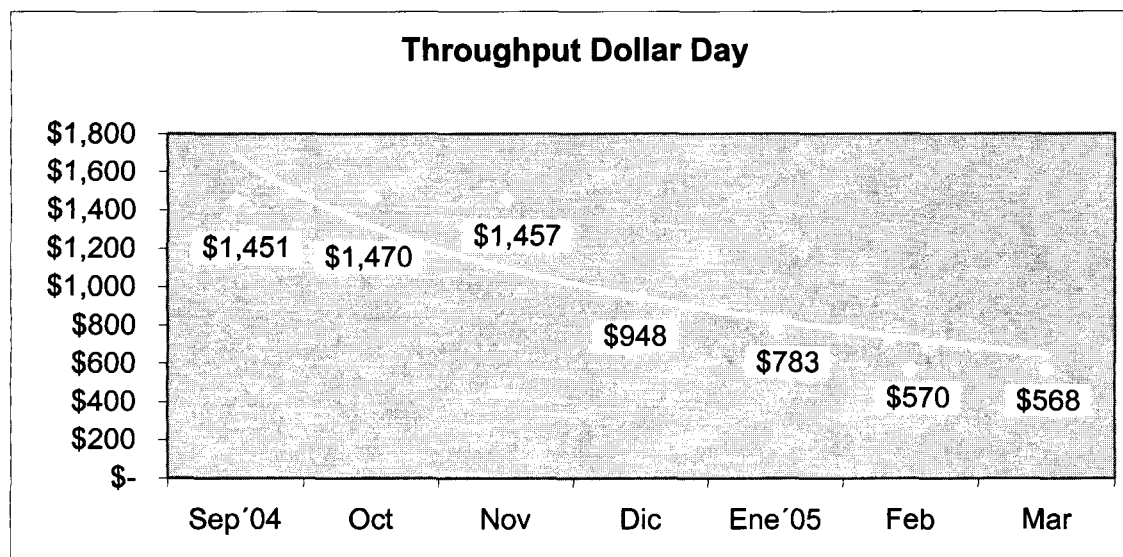


Grafica 11 Tendencia de Inventario

En estas gráficas se puede apreciar como los niveles de inventario tuvieron un comportamiento favorable a los incentivos aplicados por la metodología implementada.

5.4.4 Throughput Dollar Day

Este indicador es un indicador de suma importancia ya que muestra el dinero que se deja de ganar por cada orden atrasada y se calcula valor de venta del producto por el número días retraso, lo que impacta el flujo de efectivo de la empresa y reduce significativamente el throughput.



Grafica 12 Tendencia TDD

En la gráfica 12 se observa que la tendencia del indicador es favorable, este indicador se refiere al dinero que se deja de ganar por cada orden atrasada.

Como se puede observar, la cantidad promedio perdida en dólares por cada orden retrasada ha ido disminuyendo, lo que indica una mayor eficiencia en el cumplimiento de las órdenes.

El siguiente paso de gran importancia para el éxito de la implementación consiste en desarrollar un plan de control para darle seguimiento.

Los pasos para elaborar el plan de control fueron basados en las recomendaciones que el autor de la presente metodología propuso con base en los resultados obtenidos de la implementación y de las mejoras hechas a los indicadores. Es importante mencionar que la compañía ya realizaba algunas de estas actividades de control, y en esta etapa solo realizó un empate entre dichas actividades y los cambios originados por la implementación:

1) Establecer un plan de monitoreo continuo de los procesos que forman parte del sistema bajo estudio.

2) Estandarizar dichos procesos.

3) Documentar los procedimientos, y en general, documentar todos los cambios de mejora realizados, durante la etapa de implementación de la metodología a través de los proyectos de eliminación de desperdicios, eliminación de la variación y sincronización del flujo.

4) Establecer un plan de control que considere los siguientes puntos:

- Las condiciones del sistema y sus procesos cuando se inició el proyecto.
- Los cambios que se le hicieron y por qué.
- El status final al finalizar los proyectos de mejora.
- El plan a largo plazo para mantener esos resultados.

CAPITULO VI: CONCLUSIONES.

6.1 - Introducción.

Actualmente es un hecho que ante la competencia y la globalización, si una empresa desea sobrevivir, debe verse inmersa en un proceso de mejora continua que permita rediseñarse y ajustarse a los cambios imprevistos en del mercado. Esta claro que el hablar de mejora continua abarca muchos factores, involucra muchos procesos y personas, por lo cual es una cruzada que tiene un precio y el la que se deben sacrificar ciertas características si se desea permanecer en el mercado.

La idea central de esta tesis es presentar una metodología que permita concentrar los esfuerzos de mejora de manera que se consiga el máximo impacto en cada momento de la vida del sistema sincronizando mejor las operaciones incrementando la eficiencia.

Como ya se mencionó en capítulos anteriores, la presencia de un sin fin de metodologías o herramientas que ofrecen un medio para la generación de cambios buscando la optimización y eficiencia de las operaciones provoca una gran confusión en las organizaciones sobre que herramienta será la más apropiada utilizar. Esto genera la necesidad de desarrollar un modelo que satisfaga las necesidades específicas de cualquier organización ya sean manufactureras o de servicios.

En el cúmulo de la bibliografía seleccionada, se encontraron investigaciones sobre la implementación de herramientas comúnmente utilizadas por las organizaciones, así mismo se revisaron publicaciones que tratan sobre las causas que llevan a las empresas a fracasar en la implementación de dichas herramientas, sin embargo, existen limitadas publicaciones que nos enseñen como resolver estos problemas o el planteamiento de una metodología robusta que solucione per se cualquier problema.

Es por ello que la presente tesis tiene la finalidad de desarrollar una metodología que combine lo mejor de las herramientas disponibles, como el principio de la búsqueda de una mejor alternativa. En este capítulo se describen las conclusiones generadas de la aplicación de cada uno de los elementos.

6.1.1. - Definir

Durante esta etapa en particular se presenta una estructura sólida para determinar las condiciones actuales de la planta, así como también los fines a los que desea llegar la compañía con dicha implementación. La metodología propone herramientas que pueden ser de utilidad durante la aplicación de la misma, sin embargo, se deja al criterio del usuario el uso de las mismas, esto con el fin de brindar libertad y flexibilidad, y que la implementación se realice en función de las características específicas de la empresa.

De esta manera, se pretende eliminar la inercia que en muchas ocasiones siguen las compañías al implantar sistemas nuevos dentro de sus procesos, sin considerar que son incompatibles con su cultura y organización. Es importante que dentro de esta fase se cuente con el apoyo y compromiso de los directivos de la organización, pues es un aspecto crítico de la metodología y es necesario para su correcta implementación.

6.1.2 - Analizar

La fase II plantea una manera de identificar las actividades que generan valor dentro del sistema, así de esta manera determinar los desperdicios y las restricciones del mismo. Durante esta etapa se proponen herramientas que son comúnmente utilizadas para la determinación de dichos objetivos y que principalmente se utilizan en la metodología de Manufactura Esbelta. Por lo tanto el usuario debe tener un alto grado de conocimientos de este tipo de herramientas, para poder realizar con éxito esta fase de la metodología.

6.1.3 - Implementar

Durante esta fase se consideran tres puntos importantes que son los proyectos de eliminación de desperdicios y explotación de restricciones, los proyectos de sincronización del flujo. Las ventajas que se obtienen en la manera de implementar los cambios en esta secuencia, es asegurar que cada punto se cumpla completamente, colaborando así con el siguiente paso, haciendo más efectiva la implementación del sistema esbelto. Así como también, la implementación se considera de manera conjunta y no de forma individual, lo cual beneficia a obtener mejores resultados y sin duplicar esfuerzos.

Una limitación dentro de esta fase sería específicamente la complejidad de combinar los conceptos de estas metodologías y romper la inercia o ceguera de taller con la que se había estado operando, para lo cual se necesita estar bien documentado en cada una de las metodologías, con el fin de evitar confusiones al momento de la implementación.

6.1.4 - Controlar

Parte vital en la aplicación de la metodología propuesta, considerada como parte de la cultura en las organizaciones en la actualidad. El ciclo de mejora continua es determinante para el éxito de cualquier empresa, lo que asegura la constante búsqueda de perfección y de innovación, haciendo de la empresa una organización de clase mundial. Por lo tanto, es un componente esencial en esta metodología y que es de suma importancia para poder competir contra cualquier otra herramienta que pueda producir los mismos beneficios que ésta ofrece.

Una limitación que se puede considerar en la aplicación de esta fase, es la pérdida de los objetivos iniciales del proyecto, debido a la renuencia al cambio o la falta de compromiso por parte de todos los involucrados en dichos cambios.

6.2 - Recomendaciones para Investigaciones Posteriores

- Determinar las herramientas óptimas para la aplicación de la metodología dependiendo del proceso en el que se desea aplicar, considerando los objetivos iniciales de la misma.
- Aplicar la metodología propuesta en otras áreas de la compañía, con el fin de corroborar la aplicación de la misma y definir de manera contundente sus fortalezas y debilidades.

Bibliografía

- (Babson 1993) Babson, Steve (ed.). *Lean Work: Empowerment and Exploitation in the Global Auto Industry*. Detroit: Wayne State University Press, 1993.
- (Caspari 1994) Caspari, John. "Ch. 8A - Theory of Constraints," in Keller-Bulloch-Shultis, *Management Accountant's Handbook* (4th ed.) 1993 Suplemento. NY: John Wiley & Sons, 1994.
- (Cox et al 1998) Cox, James F., III, and Michael S. Spencer. « *The Constraints Management Handbook* ». FL: St. Lucie Press, 1998.
- (Dettmer. 1998) Dettmer, H. William. "Breaking the Constraints to World-Class Performance". Milwaukee, WI: ASQ Quality Press, 1998.
- (Feld 2001) Feld, William M. "Lean Manufacturing: Tools, Techniques, and How to Use Them". Boca Raton, FL: St. Lucie Press, 2001.
- (Goldratt. 1997) Goldratt, Eliyahu M "Cadena Crítica". MA: The North River Press, 1997.
- (Goldratt. 1992) Goldratt, Eliyahu M. "La Meta (2a ed.)". NY: The North River Press, 1992.
- (Womack et al 1994) Womack, James P., and Daniel T. Jones. "From Lean Production to the Lean Enterprise." *The Harvard Business Review*, Marzo-Abril 1994, pp. 93-103.
- (Womack et al 1996) Womack, James P., and Daniel T. Jones. "Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation." NY: Simon and Schuster, 1996.
- (Womack et al 1991) Womack, James P., Daniel T. Jones, and Daniel Roos. "The Machine That Changed the World." NY: Harper Perennial, 1991.
- (Moore et al. 1998) Moore, Richard, and Lisa Scheinkopf. "Theory of Constraints and Lean Manufacturing: Friends or Foes?" Chesapeake Consulting, Inc., 1998.
- (Newbold 1998) Newbold, Robert C. "Project Management in the Fast Lane: Applying the Theory of Constraints." FL: St. Lucie Press, 1998.

- (Schrageheim, Dettmer 2000) Schrageheim, Eli, and H. William Dettmer. „*Manufacturing at Warp Speed: Optimizing Supply Chain Financial Performance*”. Boca Raton, FL: St. Lucie Press, 2000.
- (Sheridan 1991) Sheridan, John. “*Throughput With a Capital T.*” Industry Week. March 1991
- (Smith 2000) Smith, Debra. “*The Measurement Nightmare: How the Theory of Constraints Can Resolve Conflicting Strategies, Policies and Measures.*” FL: St. Lucie Press, 2000.
- (Bowen et al 1999) Spear, Steven, and H. Kent Bowen. “*Decoding the DNA of the Toyota Production System.*” The Harvard Business Review, Septiembre-October 1999, pp. 97-106.
- (Van Wolferen 1990) Van Wolferen, Karel. „*The Enigma of Japanese Power.*” NY: Vintage Books (Random House), 1990.
- (Porter 2003) Porter, Michael E. “*Ventaja Competitiva: Creación y Sostenimiento de un Desempeño Superior.*” MX ,CECSA, 2003
- (Van Nostrand 1994) Van Nostrand “*Beyond Total Quality Management*” NY, Mc Graw Hill 1994
- (Chase et al 2000) Chase Richard, Aquilano Nicholas, Jacobs Robert “*Administración de Producción y Operaciones*” Mc Graw Hill 8ª Ed. 2000
- (Yang et al 2003) Yang Kai, El-Haik Basem “*Design for Six Sigma: A road Map for Product Development*” Mc Graw Hill 2003
- (Heizer, Render 2001) Heizer Jay, Render Barry “*Dirección de la Producción: Decisiones Tácticas*” Prentice Hall 2001
- (Goetsch et al 1998) Goetsch, David L. Davis Stanley “*Introduction to Total Quality*” Merrill 1998
- (Balderstone et al. 1998) Mabin, Victoria J, and Balderstone Steven J, “*International Abstracts in the Theory of Constraints: An Annotated Bibliography of TOC*”, North River Press Publishing Corporation, Great Barrington, MA, 1998.
- (Dettmer 1997) Dettmer, William H. Goldratt’s “*Theory of Constraints A Systems Approach to Continuous Improvement*”. Milwaukee, Wisc: ASQ Quality Press, 1997.

- (Hines 1998) Hines Peter, Rich Nick, Bicheno John, Brunt David, Taylor David. "*Value Stream Management*". The International Journal of Logistics Management, Vol. 9, No. 1. Cardiff Business School. 1998
- (Hines & Taylor 1997) Hines Peter, Taylor David. "*The Seven Value Stream Mapping Tools*". International Journal of Operations & Productivity Management, Vol. 17 No. 1. Lean Enterprise Research Center, Cardiff University. 1997.

