

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

CAMPUS MONTERREY

**ESCUELA DE GRADUADOS EN DIRECCIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE
EMPRESAS**



***REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE RESPUESTA UTILIZANDO LA METODOLOGÍA
DE QUICK RESPONSE MANUFACTURING***

**TESIS
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO
ACADEMICO DE**

MAESTRIA EN DIRECCIÓN PARA LA MANUFACTURA

POR:

LUIS FELIPE HEREDIA NAVARRO

MONTERREY, N.L.

MARZO DE 2011

**REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE RESPUESTA UTILIZANDO LA
METODOLOGÍA DE QUICK RESPONSE MANUFACTURING**

Aprobado por:

Comité de Tesis

Dr. Eduardo López Soriano (Asesor)
Profesor
EGADE

Dr. Luis García-Calderón Díaz
Profesor de Planta
EGADE

Dr. Federico Trigos (Sinodal)
Director del la Maestría en Dirección para la Manufactura
EGADE

REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE RESPUESTA UTILIZANDO LA METODOLOGÍA DE QUICK RESPONSE MANUFACTURING

Luis Felipe Heredia Navarro
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, 2011

Asesor: Dr. Eduardo López Soriano

Quick Response Manufacturing es una metodología creada y documentada por el Dr. Rajan Suri en 1998. Esta metodología es una aplicación práctica de la filosofía de *Time based competition*, popular en los 1990s. QRM es una metodología que impacta a todas aquellas organizaciones que trabajan en ambientes donde la flexibilidad y el tiempo de respuesta representan una ventaja competitiva.

La filosofía detrás de QRM es utilizar el tiempo como el recurso más preciado. La metodología de QRM incluye entender los factores que originan que el *lead time* vaya en aumento en las organizaciones. Para mejorar el tiempo de respuesta, el Dr. Suri propone soluciones innovadoras en reducción de tamaños de lote de producción basado en teoría de colas, utilizar celdas de manufactura, utilizar nuevos sistemas de administración de piso entre otras.

QRM no solo presenta prácticas innovadoras para la manufactura; encontramos aplicaciones para reducción de tiempo de respuesta en la implementación de nuevos productos, políticas administrativas, relaciones con clientes y proveedores entre otras.

En este documento de Tesis el lector podrá ver en práctica una de las herramientas de QRM para la reducción del *lead time*, la reducción del tamaño de lote. Aquí se analiza el impacto del tamaño de lote en el *lead time* del proceso. Primero, este análisis se hace desde un punto de vista analítico utilizando ecuaciones basadas en teorías de colas. Después, utilizando un *software* de simulación comparamos los resultados obtenidos con las ecuaciones del Dr. Suri y vemos la similitud que existe entre estos dos acercamientos y el tiempo de respuesta real.

Agradecimientos

Gracias a todos los que me apoyaron a salir adelante durante estos 3 años para

A mi esposa Magdalena, por darme la motivación cada día para alcanzar mis metas y superar todos los retos que hemos encontrado juntos. Eres el amor de mi vida, Te amo.

A mis padres Raquel y Luis Felipe, por todo el amor, su apoyo y enseñanzas que me han hecho ser el hombre que soy hoy.

Al Equipo Directivo de O'neal Steel de México, por hacer posible este nuevo proyecto y permitirme continuar con mi preparación personal y académica.

Al Dr. Eduardo López por aceptar ser mi asesor y por todo el apoyo y los buenos consejos que hicieron posible terminar con mi maestría. Gracias.

Al Dr. Federico Trigós y al Dr. Luis García-Calderón por ser mis sinodales y por su retroalimentación para que este proyecto se volviera realidad.

Tabla de Contenidos

Capítulo 1 Introducción	8
1.1 <i>Time Based Competition</i> como estrategia en los negocios.	9
1.1.1 TBC traducido al ambiente de manufactura	10
1.2 Definición del Problema	13
1.3 Objetivos de la investigación	14
1.4 Justificación	14
Capítulo 2 Marco Teórico.....	16
2.1 Filosofía de <i>Quick Response Manufacturing</i>	16
2.1.1 Historia.....	17
2.1.2 Los Mercados del siglo 21 están aquí.....	18
2.1.3 Principios del QRM	18
2.1.4 Beneficios de QRM.....	21
2.1.5 La espiral de tiempo de respuesta	23
2.2 Dinámica del ambiente de manufactura	25
2.2.1 Factores que influyen el <i>Lead time</i>	25
2.2.2 Una fórmula para calcular el <i>lead time</i> de un centro de trabajo	25
2.2.3 Efecto de la utilización en el <i>lead time</i> promedio.....	28
2.2.4 Impacto del tamaño de lote	29
2.2.5 Tamaño del lote con múltiples productos	32
2.3 Sugerencias del Dr. Suri Sobre Celdas y POLCA.	33
2.3.1 Celdas de Manufactura creando una organización enfocada al producto.....	34
2.3.2 POLCA	35
2.3.3 Repaso de los sistemas <i>Push</i>	35
2.3.4 Repaso del sistema <i>pull</i>	36
2.3.5 Comparando <i>Pull vs Push</i>	37
2.3.6 Control de Material – No empujes o jales, POLCA	38
2.3.7 Cómo POLCA trabaja para la organización QRM	39
2.3.8 Ejemplo del flujo de tarjetas POLCA	41
2.3.9 Autorización para el lanzamiento de órdenes, con algo de <i>push</i>	44
2.3.10 Ventajas de POLCA en los sistemas MRP y <i>Pull</i>	45
2.4 Diferencias significativas entre QRM y otros métodos de administración de la producción como JIT y TOC	46
2.4.1 Resumen de la Teoría de Restricciones (Goldratt)	47
2.4.2 Mediciones en práctica, 3 falsas suposiciones:	49

2.4.3 Administración de las Restricciones	50
2.4.4 Existen 3 tipos de restricciones: (Woeppe, 2001).....	50
2.4.5 Cinco pasos para la administración de restricciones: (Woeppe, 2001)	51
2.5 Planeación de Requerimientos de Materiales (MRP)	52
2.6 Siete desperdicios de acuerdo al Sistema de Producción Toyota	55
2.7 Conceptos claves del JIT comparado con el QRM.....	56
2.7.1 Implementando el Flujo	56
2.7.2 Implementando el sistema <i>Pull</i>	59
2.7.3 Falsas ideas acerca del sistema <i>Pull</i>	59
2.7.4 Resumen de las desventajas de los sistemas <i>pull</i> y <i>flow</i> comparados con QRM.	60
2.8 Comparación de QRM con otras metodologías:.....	62
2.9 Prerrequisitos para una implementación exitosa de QRM.....	64
Capítulo 3 – Introducción a las operaciones de O’neal Steel de México	66
3.1 Evaluación analítica de QRM en la empresa, Estado actual de la manufactura en O’neal Steel.....	67
3.2 Calculo de métricos clave y medidas de desempeño de la organización de acuerdo a QRM.....	68
3.2.1 Aportación al modelo de ecuaciones analíticas del Dr. Suri.	71
3.2.2 Descripción del análisis de las ecuaciones analíticas.	72
3.3 Determinación de tamaño de lote ideal.....	76
Capitulo 4 Aplicación del simulador arena para una evaluación global.....	80
4.1 Simulador Arena, Introducción.....	80
4.2 Introducción a la operación del modelo.....	81
4.3 Función Objetivo	84
4.4 Variables de Control en Optquest.....	84
4.5 Variables de salida, Respuesta del sistema.	85
4.6 Análisis de Periodo Transitorio	85
4.7 Análisis de intervalos de confianza del <i>lead time</i> para calcular el número de réplicas.	87
4.8 Modelación de la Proceso en 2010.	88
4.9 Validación del Modelo de Simulación.....	90
4.10 Modelación de LT con tamaño de lote variable.....	90
4.11 Experimentación	91
4.12 Información estadística adicional	93

Capítulo 5 Análisis de Resultados	94
5.1 Comparación de <i>lead time</i> de ciclo real vs <i>lead time</i> con otras metodologías..	94
5.2 Diferencias encontradas entre la simulación y las ecuaciones teóricas.....	95
5.3 Comparación del modelo de simulación y las ecuaciones analíticas.....	99
Capítulo 6 Conclusiones y Recomendaciones Futuras	102
6.1 Cumplimiento de objetivos.....	103
6.2 Necesidad de alinear a la organización para ejecutar la estrategia.	104
6.3 Beneficios Económicos para la organización.....	105
6.4 Impacto de esta Tesis en la organización.....	106
6.4.1 Impacto en la Administración de la Organización	106
6.4.2 Impacto en el Liderazgo de la Organización.....	106
6.4.3 Impacto en el Sistema de Calidad y Manufactura de la Organización...	107
6.5 Impacto en el nivel de competitividad de la organización.....	107
6.5.1 Impacto en la Rentabilidad.....	107
6.5.2 Impacto en la Calidad.....	107
6.5.3 Impacto en el Tiempo de Respuesta.....	108
6.5.4 Impacto en la Permanencia en el Tiempo.....	108
6.6 Importancia Personal de esta Investigación	108
6.7 Aplicación de los conocimientos de la maestría en esta investigación.....	109
Capítulo 7 Bibliografía	110
Curriculum Vitae	111
Anexos	112
Rate por Arribo 2010.....	112
Rate por Arribo 2011.....	113
Cálculo de SJ y LT 2010.....	114
Cálculo de Lote Óptimo 2011.....	119
Historial de Órdenes 2010	120
Media y Desviación Estándar por Operación y Producto.....	125
Rechazos Internos Agosto Diciembre 2010.....	126

Capítulo 1 Introducción

En los últimos 30 años las organizaciones dedicadas a la manufactura han ido evolucionando para responder cada vez mejor a las necesidades de sus clientes. En los 1980s era común que los fabricantes de autos americanos y europeos utilizaran sistemas de producción en masa como método de manufactura. A inicios de esta década hubo una crisis muy profunda en Estados Unidos que se propagó a otros países. Esta crisis afectó severamente compañías automotrices como Ford y Chrysler. Después de observar como Toyota amortiguó los efectos de la crisis y el constante crecimiento en ventas; en 1983 *General Motors* (GM) decide iniciar un *joint-venture* con Toyota. Abrieron una fábrica en California llamada NUMMI (*New United Motor Manufacturing Inc.*). Fue ahí donde los ejecutivos de GM conocieron el sistema de producción de Toyota y las ventajas que ofrecía (James P. Womack 244). A partir de ahí algunas compañías americanas empezaban adoptar el *Just in Time* (JIT por sus siglas en inglés), como una metodología robusta y flexible para administrar la producción en piso. En ese entonces, la manufactura occidental conocía muy poco de esta metodología y en buena parte se limitó solo al ambiente automotriz.

Al llegar 1990 James Womack, Daniel Jones y Daniel Roos escriben el libro “*The machine that changed the world*”. Es ahí donde escuchamos por primera vez el concepto de *lean manufacturing*, el cual generó una revolución en sistemas de administración de la manufactura. Este libro hace de conocimiento público las experiencias vividas en los 1980s por compañías automotrices en su peregrinar adoptar sistemas Lean que ofrecían enormes ventajas en la reducción de inventarios y tiempo de respuesta (James P. Womack).

En los últimos 15 años el aumento en el flujo de información a nivel mundial, le ha permitido a las empresas de manufactura conocer nuevas herramientas para administrar la producción. Hemos escuchado herramientas y estrategias como Teoría de Restricciones, *Six Sigma*, *Lean Manufacturing*, *Time-based Competition*, *Quick Response Manufacturing* entre otras.

Fue en 2008 cuando el mundo fue testigo de una de las peores crisis económicas mundiales. Las empresas bajaron sus volúmenes de producción, hubo despidos masivos y

algunas plantas tuvieron que cerrar. Esto hizo que muchas empresas cuestionaran y redefinieran sus actuales sistemas de manufactura y de control de inventarios. O'neal Steel de México no fue la excepción, en 2008 migramos de un sistema de alto volumen y alta variabilidad, a uno con poco volumen y alta variabilidad.

Michael Porter establece que las organizaciones deben tener estrategias claras y entender muy bien las fuerzas que le dan forma al mercado. La eficiencia operativa es necesaria pero no suficiente (Porter). Esto hace que hoy en día las organizaciones busquen o generen estrategias, métodos y herramientas que les permitan ser competitivos y flexibles. Los clientes cada vez son más demandantes, no solo exigen calidad y precio, exigen velocidad.

1.1 *Time Based Competition* como estrategia en los negocios.

Time-Based Competition (TBC) es una estrategia originada por George Stalk y sus colegas en el *Boston Consulting Group*. Esta habla de cómo las empresas japonesas en la búsqueda por bajar costos e incrementar su línea de productos, utilizaron el tiempo como ventaja competitiva. Así lograron reducir la planeación del ciclo de desarrollo de producto y mejorar los tiempos de proceso en sus plantas. Ellos administraron el tiempo así como otras compañías administran sus costos, calidad e inventarios. (George Stalk, *Time-The Next Source of competitive advantage*)-

En 1988 publica el artículo *Time – The Source of Competitive Advantage*. Stalk plantea el TBC como “un arma estratégica, equivalente al dinero, productividad, calidad e innovación”. Esta estrategia llevó a los japoneses a reducir sus costos de producción, ofrecer más productos, capturar mayor mercado y mejorar la tecnología de sus productos.

Joseph Blackburn en 1991, funge como editor y autor de algunos de los capítulos del libro “*Time Based Competition – The next battle ground in American Competition*”. En este libro Blackburn reúne información detallada que le lleva al lector a tener las bases para implementar una estrategia basada en el tiempo.

Después de 20 años, TBC es un concepto que al día de hoy se mantiene vigente. Dada la oportunidad de escoger entre productos o servicios de alta calidad y costo similar, los clientes son atraídos a aquel que es entregado más rápido. (Blackburn, pag 6) En palabras

de Deam Cassell, VP de integridad de producto en Grumman Corporation, “no se debe sacrificar la calidad por la velocidad”. La velocidad es un componente de la calidad, una de las cosas que debemos entregar para satisfacer a los clientes. (Blackburn 5). Los clientes desean respuesta inmediata, el tiempo requerido en satisfacer al cliente debe jugar un papel protagónico en la estrategia competitiva de una empresa (Blackburn, pag 6).

El concepto de *Time based competition* no debe percibirse como una resurrección de la ingeniería industrial (eficiencia, cronómetros, tiempos y movimientos). Cuando hablamos de eficiencia, nos enfocamos en la “mejor manera de hacer el trabajo”. Los competidores que buscan mejorar sus tiempos de respuesta deben observar toda la cadena de suministro y no sólo el proceso de manufactura. Para que el tiempo total sea reducido será necesario buscar procesos alternativos, eliminar tareas o realizarlas en paralelo (Blackburn, pag 7). TBC promete un importante crecimiento en utilidades que no es obtenido con estrategias de reducciones de costos. Las compañías encuentran que removiendo tiempo de sus operaciones, los costos también son reducidos (Blackburn 8).

Implementar TBC implica cambiar modelos mentales. Hemos escuchado frases como “El tiempo es dinero” en compañías que se basan en economías de escala. TBC, como estrategia, pretende “Convertir el tiempo en dinero” (Blackburn 7). Una compañía enfocada en el tiempo no tiene como meta no perder el tiempo, si no utilizar el tiempo como su máspreciado recurso (Blackburn 10).

1.1.1 TBC traducido al ambiente de manufactura

Shigeo Shingo un ingeniero industrial japonés, famoso por haber documentado el sistema de producción de Toyota menciona en uno de sus libros: “construye un sistema de producción que pueda responder sin desperdicios a cambios en el mercado y que más aún por su naturaleza reduzca costos” (Shingo 15).

Desde el punto de vista del cliente, sólo importa el tiempo total requerido para entregar el producto o servicio. Si el tiempo ahorrado en manufactura luego es perdido en la distribución de éste, el cliente no queda impresionado (Blackburn 17).

Al estar haciendo investigación para su libro, *Kaisha: The Japanese Corporation*, James Abegglen y George Stalk observaron de primera mano la evolución de los sistemas JIT en compañías como la Toyota. Los autores notaron cómo estas compañías aprendieron a comprimir el tiempo y propagaron estas habilidades a través de la organización. Estas compañías que fueron veloces en manufactura, pronto lo fueron en distribución, NIP, servicio al cliente, etc. (Abegglen y Stalk). Stalk and Abegglen dedujeron de sus observaciones que el TBC es la extensión de los principios JIT en cada faceta del ciclo de valor (Blackburn 21).

JIT y TBC tienen objetivos idénticos: Eliminar todo el tiempo desperdiciado en la producción de un producto o entrega de un servicio. JIT se caracteriza por pequeñas corridas de producción, cambios rápidos y poco inventario. Aplicando estos principios se maximiza el porcentaje del tiempo en el que se agrega valor a un producto. TBC busca eliminar tiempos muertos o tiempos de espera donde existan, procesar el trabajo en lotes pequeños y maximizar el tiempo de valor agregado. Sin embargo, TBC va un paso adelante que JIT y no sólo abarca manufactura, si no toda la cadena de valor (Blackburn 21).

Históricamente las corporaciones han sido exitosas al proveer el mayor valor por el menor costo. El nuevo paradigma para éxito corporativo es proveer el mayor valor por el menor costo en el menor tiempo posible. El tiempo de respuesta debe ser la única medición para medir qué tan cerca está una compañía de sus clientes; qué tanto debe esperar un cliente desde que pide algo hasta que la compañía se lo entrega (George Stalk 69).

En la manufactura tradicional se requieren largos *lead times* para resolver conflictos entre varias órdenes o actividades que requieren los mismos recursos. Largos *lead times* requieren pronósticos de venta para guiar la planeación. Éstos por lo regular están mal, por definición un pronóstico es una suposición. Además *lead times* más largos incrementan la posibilidad de que órdenes no planeadas sean necesarias y hagan a un lado órdenes planeadas, que resulta en una percepción de requerir *lead times* más largos. Este ciclo es llamado lazo de planeación (George Stalk 78).

Las implicaciones estratégicas que desarrollamos por la reducción de tiempo son: mejoras en la productividad, precios de venta mayores, riesgos reducidos, la utilidad

aumenta (George Stalk 95). Las compañías que responden más rápido y que incrementan la variedad de sus productos a un ritmo mayor que el de la competencia tienen una ventaja estratégica (George Stalk 99).

Para convertirse en un competidor de rápida respuesta, una compañía debe en primer lugar reducir los retrasos en su cadena de valor. Ésto debe de ir más allá del proceso de manufactura, la estrategia se debe extender a las otras áreas de la empresa como ventas y distribución (George Stalk 100).

En 1991, Joseph Blackburn concluye en su libro “Time-based competition” que aquellas compañías que prevalezcan serán aquellas que desarrollen JIT en su proceso de manufactura y en segundo lugar extiendan estos conceptos de JIT a otras áreas de la organización. JIT es un modelo para quitar tiempo, eliminar desperdicio, simplificar los procesos y hacerlos flexibles. JIT debe incorporarse a todas las partes que componen a la organización. La razón es que el proceso de manufactura es sólo una función que abarca una fracción del tiempo total en la cadena de valor de la compañía (Blackburn 301).

En general las políticas de manufactura en *time-based competition* difieren de las compañías tradicionales en tres dimensiones: tamaño de las corridas de producción, la organización para procesar componentes y la complejidad de los procedimientos de planeación (George Stalk, Time-The Next Source of competitive advantage). Corridas de producción más cortas significa producir más frecuentemente la mezcla de productos y responder más rápidamente a la demanda del cliente. (George Stalk, Time-The Next Source of competitive advantage)

Las fábricas tradicionales están organizadas por centros tecnológicos. Por ejemplo, las compañías metal-mecánicas organizan sus fábricas en departamentos de estampado, corte, prensas, etc. Las piezas se mueven de un centro tecnológico a otro. Cada paso consume tiempo valioso, las partes tienen que esperar entre cada movimiento. En un sistema tradicional se agrega valor a los productos solo del 0.05% al 2.5% del tiempo total (George Stalk, Time-The Next Source of competitive advantage)

En las compañías tradicionales la planeación también es una fuente de retraso y desperdicio. La mayoría utiliza planeación centralizada que requiere recursos sofisticados para planeación y control en piso de órdenes de trabajo. Las órdenes de trabajo usualmente se programan en una frecuencia semanal o mensual. En compañías *time-*

based la planeación se hace en piso. Ésto permite a los empleados a tomar decisiones de control de producción sin tener que alertar a la gerencia para su aprobación. (George Stalk, Time-The Next Source of competitive advantage)

1.2 Definición del Problema

O'Neal Steel es una empresa americana cuyo corporativo se encuentra en Birmingham, Alabama. Actualmente es el centro de servicio privado más grande de Estados Unidos. La compañía fue establecida por Kirkman O'Neal en 1921. O'Neal Steel ha evolucionado de ser un fabricante de metales a un distribuidor, centro de servicio y centro de manufactura de componentes complejos de acero y otras aleaciones.

Actualmente cuenta con más de 80 instalaciones en Norte América, Europa y Asia. Cuenta con una instalación en Monterrey, N.L. que pertenece a la división de soldadura. Esta planta se dedica a la producción de componentes y fabricación de ensamblés y subensamblés hechos de acero. Cuenta con una línea de productos que satisfacen las necesidades de sus clientes.

Durante la crisis del 2008 O'Neal experimentó una desaceleración en sus operaciones. Esto requirió de adaptarse a trabajar en un ambiente *make to order, high mix, low volume*, es decir alta variedad de productos y poca producción.

La implementación de JIT en ambientes de manufactura que trabajan con bajos volúmenes, alta variabilidad y demanda *make to order* es poco rentable por los costos inherentes al manejo de inventarios. Utilizar *kanban* implica por lo menos tener una pieza de cada producto en cada operación de su ruta fabricación. Se requiere encontrar una metodología que permita incrementar la velocidad de la compañía sin caer en costos excesivos por manejar inventario. Esta metodología le debe permitir a la empresa ser flexible en sus operaciones y reaccionar lo más rápido posible si existieran cambios en el mercado.

1.3 Objetivos de la investigación

- Profundizar en el conocimiento de la metodología y las herramientas de *Quick Response Manufacturing* creada por el Dr. Rajan Suri a través de una investigación bibliográfica.
- Analizar la viabilidad para implementarlo en ambientes de bajos volúmenes y alta mezcla.
- Demostrar con estadísticas reales el impacto en la reducción del *lead time* de acuerdo a las ecuaciones propuestas por el Dr. Suri.
- En base a estas ecuaciones determinar de manera analítica un tamaño de lote ideal el cual represente el menor *lead time*.
- Fabricar un modelo en el simulador Arena, de *Rockwell Automation*, para simular las propuestas en cambios de lote de proceso y verificar su impacto en la organización.

1.4 Justificación

Just in Time, *Lean Manufacturing* (Manufactura Esbelta) y Teoría de Restricciones, son sin duda algunas metodologías de producción que han impactado positivamente a las empresas de manufactura en los últimos 30 años. En años recientes la metodología de *Quick Response Manufacturing* del Dr. Rajan Suri ha ganado popularidad debido a que está diseñada para ambientes de producción de bajo volumen y donde los clientes pueden llegar a personalizar los modelos.

La siguiente investigación de tesis tiene como fin probar que un sistema de producción basado en *Quick Response Manufacturing*, permite a empresas con recursos económicos limitados mejorar su tiempo de respuesta al encontrarse en ambientes de producción de bajo volumen y alto grado de variabilidad.

Sin duda esta investigación llegará a ser muy provechosa para todas aquellas empresas Pymes del sector de manufactura, ya que las herramientas propuestas en esta

metodología son aquellas que logran reducir sistemáticamente los *lead time* internos y están acorde a las necesidades económicas y estratégicas propias de cada organización.

Muchas empresas que trabajan en ambientes *make to order*, o en la fabricación de prototipos o ensambles de muy bajo volumen no entienden por completo las bondades que este mercado les puede llegar a ofrecer. Algunas de estas empresas han fracasado en la implementación de metodologías de manufactura esbelta o de teoría de restricciones, cuando no se dan cuenta que la esencia de estas metodologías es la producción en serie y con la fabricación de pocos números de parte. Esta investigación presentará un modelo de éxito que ha sido probado en países como Estados Unidos y que ha revolucionado la manufactura en este tipo de ambientes.

Fuera de las aportaciones hechas por el Dr. Suri, existen pocas publicaciones que desarrollen el tema de QRM y lo transfieran a ejemplos prácticos. Esta investigación analizará esta metodología para probar que este sistema de administración es factible implementarlo en industrias mexicanas.

Capítulo 2 Marco Teórico

2.1 Filosofía de *Quick Response Manufacturing*

Aún y cuando la metodología *Quick Response Manufacturing* es relativamente nueva; el Dr. Rajan Suri ha logrado recopilar una gran cantidad de información para establecer bases sólidas y fundamentarla. Como se explica más adelante, QRM es un metodología híbrida que combina lo mejor del *Push* y del *Pull*. Es muy interesante encontrar al final de la lectura del Dr. Suri una nueva manera de ver la dinámica de los sistemas de producción.

Dentro de esta investigación también se han incluido algunas otras metodologías y herramientas de control de producción como lo son TPS (*Toyota Production System*), *Lean Manufacturing*, Teoría de Restricciones y el sistema MRP. Todo esto con el fin de que el lector conozca la gran variedad de sistemas de control de producción que existe en la industria y han evolucionado a través de los años. Además esto le permitirá entender mucho mejor todos los conceptos de *Quick Response Manufacturing* ya que la aportación del Dr. Suri complementa a estas metodologías descritas en esta investigación.

Es increíble, pero muchas empresas invierten en programas de capacitación e implementación de *Lean Manufacturing*, TPS o TOC sin hacer un análisis y ver su viabilidad. Es claro que estas metodologías fueron diseñadas en un ambiente automotriz, y aún que son adaptables para otras industrias en algunas no se pueden adoptar al 100%. Estas metodologías pueden llegar a ser muy exitosas en el ambiente correcto, pero cuando no es así llegan a ser un gran problema y la empresa puede ser secuestrada por la gran cantidad de políticas administrativas que se puedan generar.

Sin duda todas ellas buscan el cambio de paradigmas; modificar nuestros mapas mentales. Cabe mencionar que estas metodologías nos resuelvan todo como una receta mágica. El éxito de estas metodologías radica en qué tanto y qué tan rápido la cultura de la organización pueda absorber una nueva cultura de trabajo.

2.1.1 Historia

Este sistema de manufactura encuentra sus raíces en las empresas japonesas de los años 80's. Estas empresas utilizaban una estrategia llamada TBC (*Time Based Competition*) basado en incremento de la velocidad de las operaciones de las empresas para obtener ventajas competitivas. Esta técnica puede ser utilizada en una gran cantidad de empresas de servicios. La aplicación específica de esta técnica a la manufactura es llamada QRM (*Quick Response Manufacturing*) (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

La sociedad moderna y los avances en la tecnología han creado consumidores impacientes, buscando siempre nuevos productos fabricados a sus necesidades y que sean cada vez más funcionales. Externamente QRM quiere decir responder a las necesidades del cliente al diseñar y fabricar productos rápidamente (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

Esta técnica es más avanzada que el JIT (*Just in Time*), ya que JIT se enfoca en la reducción sistemática del desperdicio al eliminar todas aquellas actividades que no agreguen valor al producto o al proceso. Esta metodología ayuda a mejorar la calidad, reducir costos y los *lead times*. QRM se enfoca en la reducción sistemática del *lead time* durante la operación para mejorar la calidad, reducir costos y eliminar las actividades que no agregan valor. El JIT es utilizado en el sistema de producción de Toyota y tiene como principio medular, la eliminación del desperdicio. El principio medular de QRM es la reducción del tiempo de respuesta para impactar positivamente en las empresas a corto y largo plazo (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

El QRM ha perfeccionado al TBC al:

- Enfocarse a la manufactura
- Utilizar principios de dinámica de sistemas para reorganizar la empresa
- Clarificar aquellos conceptos ambiguos que la administración tiene de cómo aplicar los conceptos del TBC.

- Conceptos específicos para reestructurar los procesos de manufactura y tomar decisiones concernientes a los equipos.
- Un nuevo sistema de planeación y control
- Un nuevo sistema de medición
- Pasos específicos para implementar el QRM y asegurar la permanencia del sistema.

(R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

2.1.2 Los Mercados del siglo 21 están aquí.

Existirá una creciente demanda de productos personalizados en el siglo 21. Este tipo de mercados requerirán una gran variedad de productos los cuales a su vez tendrán una demanda variable. La tecnología actual CAD/CAM le ha permitido a las compañías obtener la habilidad para personalizar productos para clientes individuales (R. Suri, QRM and POLCA: A Winning Combination for Manufacturing Enterprises in the 21st Century).

El sistema QRM le ha permitido a muchas compañías reducir dramáticamente sus *lead times*, mientras mejora la calidad del producto y se reducen costos. Al implementar QRM en algunas compañías se han logrado resultados tan dramáticos como la reducción del 80-95% del *lead time*; o reducciones en el costo del producto entre el 15-50%; mejoras en las entregas a tiempo del 40% al 98% y reducciones al *scrap* y retrabajos de un 80% o más (R. Suri, QRM and POLCA: A Winning Combination for Manufacturing Enterprises in the 21st Century).

2.1.3 Principios del QRM

El Dr. Suri en su libro enlista 10 principios, por los cuales *Quick Response Manufacturing*, desafía los pensamientos tradicionales en manufactura:

1.- Tradicionalmente se piensa que el personal debe trabajar más rápido, más duro y durante más horas para realizar el trabajo en menos tiempo. QRM propone hacer el

trabajo en nuevas maneras enfocándose en reducir los *lead times*. Las organizaciones actuales no están diseñadas para administrar el tiempo; las estructuras organizacionales, los sistemas contables y sistemas de recompensa están basados en economías de escalas. El mayor enemigo es la función organizacional (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

2.- Se piensa que para procesar órdenes rápidamente debemos mantener las máquinas y al personal ocupado todo el tiempo. En QRM esto es falso, se recomienda operar las máquinas entre un 70-80% de la capacidad en los recursos críticos. La primera reacción de la administración será la de que todos los recursos se van a desperdiciar y los costos subirán. El QRM eliminará los largos tiempos de respuesta, colas en crecimiento, órdenes de trabajo que consumen mucho tiempo de estos recursos. La capacidad sin utilizar de hecho sirve como una inversión estratégica que se pagará así misma muchas veces con incrementos en ventas, mayor calidad y bajos costos (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

3.- Muchos creen que para reducir el tiempo de respuesta debemos mejorar nuestras eficiencias. QRM establece la reducción del *lead time* como nueva medida de desempeño. Este principio acompaña el deseo de maximizar la utilización del recurso. Es importante para la administración entender las dinámicas de las operaciones de la planta. Necesitan estudiar las interacciones entre la utilización de la capacidad, las medidas de eficiencia, las políticas de re-orden y tamaño de los lotes de producción y sus efectos en los *lead times*. Los lotes de producción que salen de metodologías como EOQ o MRP no son representativos de lo que sucede actualmente en la planta ya que asumen periodos específicos de tiempo independientemente de la carga de trabajo (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

4.- Tradicionalmente se piensa que se debe dar una gran importancia a las “entregas a tiempo” entre departamentos y proveedores. El QRM tiene como principio medir y premiar las reducciones de los *lead times*. La manufactura moderna discute las entregas a tiempo y éstas son la piedra angular del JIT. Aunque tener entregas a tiempo es deseable, el enfatizarlo como medida de desempeño es disfuncional. Los departamentos internos y proveedores tienen la tendencia a agregar tiempo para que sus *lead times* y entregas a tiempos aparezcan siempre buenos. El QRM promueve tiempos de respuesta más cortos

lo que hace que los tiempos de entrega sean mejores (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

5.- Es común pensar que adquirir un software de MRP (*Materials Requirements Planning*) es la solución para disminuir el tiempo de respuesta. De acuerdo a QRM hay que usar el MRP para planear y coordinar los materiales. Hay que complementar esto con un nuevo método de control que combine lo mejor de las estrategias *pull* y *push*. Los sistemas de MRP asisten con el suministro de los materiales pero no resuelve el problema del tiempo de respuesta. El MRP es utilizado para una planeación de alto espectro pero no para micro-administrar los centros de trabajo. POLCA, una nueva estrategia de control de materiales combina lo mejor del *push* y *pull* para limitar la congestión de materiales mientras que provee un alto grado de flexibilidad (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

6.- A menudo se cree que al ordenar grandes cantidades de material, con largos tiempos de respuesta, se deben negociar con los proveedores para obtener descuentos. El QRM tiene como principio motivar a los proveedores a implementar esta metodología que resultará en ordenar lotes más pequeños, a bajo costo, con mejor calidad y tiempos de respuesta más cortos. Entre más piezas sean ordenadas, más tiempo tardará el proveedor en entregar el pedido; esto llevará a un círculo virtuoso en el cual se tendrán que aumentar las cantidades de lote lo que aumentará el tiempo de respuesta (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

7.- Tradicionalmente se piensa que se debe motivar a los clientes a comprar productos en grandes cantidades ofreciendo descuentos en precios. En la metodología QRM se busca educar a nuestros clientes y negociar una cédula compuesta por lotes pequeños a precios razonables. El comportamiento de los clientes, de ordenar en grandes cantidades, degradará las entregas a tiempo. Con QRM se forman sociedades estratégicas con los clientes que los harán recibir cantidades pequeñas más constantes a más bajos costos (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

8.- Actualmente se tiene la creencia de que se puede implementar QRM formando equipos en cada departamento. Esta creencia proviene del movimiento TQM, es verdad que un equipo con todos sus miembros dedicados a una sola función resultará en mejoras

en la calidad. Para propósitos del QRM este equipo hará poco para disminuir los *lead times* de las operaciones de oficina. El principio #8 de QRM busca ir a través de las barreras funcionales al formar celdas de trabajo en las oficinas, los cuales formen un “lazo cerrado”, sean multifuncionales, multidisciplinarios y responsables por una familia de productos. Hay que darles autoridad para tomar las decisiones necesarias. Las celdas de oficina de “Rápida Respuesta” son la única manera significativa de reducción de tiempos de respuesta en trabajos como estimación y cotización, procesamiento de órdenes e ingeniería (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

9.- Algunos administradores piensan que una de las razones para implementar QRM es para cobrarles más a los clientes al ser más veloces. La razón por la que una organización se embarca en la ruta del QRM es para llegar a ser una compañía realmente esbelta con un futuro asegurado. Al corregir esto la calidad de los productos aumentará, el WIP disminuirá, habrá menos desperdicio, se reducirán los costos de operación y por consiguiente habrá más ventas (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

10.- Por último, la alta administración cree que la implementación de QRM trae consigo una gran inversión en tecnología. Sin embargo el mayor obstáculo del QRM no es la tecnología, sino los “mapas mentales”, hay que combatir esto a través de entrenamiento. Después hay que iniciar proyectos de reducción de *lead times* de bajo costo, hay que dejar soluciones tecnológicas para etapas posteriores. Para cambiar los paradigmas de las organizaciones es necesario replantear las mediciones de desempeño. La medición del desempeño está atada a un sistema contable, el cual es un obstáculo para implementar efectivamente el QRM (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

2.1.4 Beneficios de QRM

Al igual que Stalk y Blackburn, Suri describe como las compañías que basan su estrategia en competir en el precio del producto participan en una guerra donde no hay ganadores. Además el ser buenos en calidad ya no es diferenciador, es un *must* (debe), y

todos los clientes lo esperan. (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*)

QRM ofrece beneficios en:

Introducción de nuevos productos (NPI), se pueden capturar más mercados al ser más rápidos que la competencia. Al tener ciclos más rápidos de implementación, las compañías pueden asimilar nueva tecnología rápidamente (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

Producción Existente, se incrementa la satisfacción de los clientes. Reaccionar rápidamente a urgencias de los clientes. Al buscar la manera de hacer más corto el tiempo de todo el proceso se descubren ineficiencias, problemas de calidad y esfuerzos desperdiciados. Al ser eliminados los costos disminuyen y la calidad aumenta.

Eliminar esperas y entregas tarde, Es importante no solo considerar la etapa de manufactura en el proceso de reducción de *lead time*. En una compañía típica encontramos los siguientes procesos para entregar una orden al cliente.

- Captura de la orden – Inicia con el contacto con el cliente y termina con el recibo de la orden de compra.
- Procesamiento de la orden – Introducir la orden en sistema, identificar materiales, rutas de proceso
- Búsqueda de Materiales – Aunque algunos materiales se guarden en stock habrá otros que no estén. Es necesario en esta etapa darle seguimiento a las órdenes hasta que arriben a la planta.
- Manufactura – Fabricación de componentes, ensamble y otros procesos requeridos.
- Embarque – La orden es empacada y enviada a destino.
- Recibir el pago – En esta etapa final, cuentas por cobrar recibe el pago del cliente.

(R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*)

2.1.5 La espiral de tiempo de respuesta

Las estrategias que nos sirvieron en el siglo XX no son aquéllas que harán exitosas a nuestras compañías en siglo XXI. Existe el paradigma que las personas deben trabajar más rápido, más fuerte y durante más horas para poder sacar las órdenes en menos tiempo. No solo se trata de hacer más eficientes los procesos, es necesario tener una amplia visión de la organización y ver dónde realmente se está perdiendo el tiempo (R. Suri, *Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing Lead times*).

En los 1960s el mundo se encontraba en una etapa de plena recuperación de la segunda guerra mundial. Al mismo tiempo los países Europeos estaban todavía reconstruyendo su capacidad industrial. Ésto hizo que Estados Unidos tuviera una oportunidad dorada para incrementar su producción y satisfacer la creciente demanda de maquinaria, material para construcción y bienes de consumo. Entre más se producía más se podía vender, la metodología de manufactura era escalar lo más que se pudiera (R. Suri, *Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing Lead times*).

Estos 2 pasos en la estrategia competitiva post-guerra, economías de escala y administración de costos dejaron los cimientos para los sistemas de administración que se encuentran firmemente arraigados a las organizaciones. Esta estrategia no tardó en propagarse a otros países además de Estados Unidos (R. Suri, *Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing Lead times*).

Es importante que las organizaciones antes de implementar QRM exitosamente entiendan el concepto de la espiral de tiempo de respuesta. Este fenómeno es un legado de la administración basada en costos y economías de escala (R. Suri, *Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing Lead times*).

Las compañías modernas son organizaciones complejas que requieren de largos tiempos de respuesta para resolver conflictos entre actividades que requieren de los mismos recursos. Estos largos tiempos de respuesta requieren de una buena planeación. Se debe planear el personal, el equipo y las compras de materiales con algunos meses de anticipación, antes de tener las órdenes para producción. Sin embargo así como aumentan

los *lead times* la certeza de que esos planes se cumplan disminuyen. Esto puede ser debido a que la demanda del cliente cambie, existan fallas de máquinas, urgencias o retrasos de producción. (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*)

Cuando la compañía se encuentra con pedidos retrasados, expeditación constante y alta utilización en sus máquinas, pueden llevarles a la falsa conclusión de que es necesario incrementar el *lead time* para procesar las órdenes de los clientes con más tiempo. Sin embargo esto es una ilusión, entre más grande sea el *lead time* existirá más tiempo para que entren ineficiencias. Llegarán más urgencias y los productos se procesarán en lotes más grandes. Al final nos vamos a encontrar que todavía estaremos retrasados. (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*)

Algunos otros factores que hacen que esta espiral crezca:

- Órdenes de clientes importantes expeditadas, causando el retraso del resto de las órdenes
- Hacer una cantidad mínima y políticas para reducir costos de *setup*.
- Fabricar componentes que están en *forecast*
- Fabricar por adelantado para tener las máquinas y la gente trabajando.
- Utilizar recursos anticipadamente cuando existen requerimientos prioritarios.

Este fenómeno no se puede controlar, se debe eliminar. Para ello la única manera de hacerlo es quitando tiempo del sistema. ¿Qué se requiere? Una reestructuración, pasar de un sistema basado en costos a un sistema basado en el tiempo: QRM. Adicionalmente es conveniente:

- Pasar de un sistema con departamentos funcionales a departamentos orientados por producto.
- Una Estructura organizacional plana, eliminar burocracia.
- Desarrollar multihabilidades en el personal para organizarlos en celdas de trabajo.
- Desarrollar equipos con sentido de propiedad

- Simplificar procesos de planeación y fabricación
- Reducir WIP sincronizando la operación
- Trabajar con lotes más pequeños

2.2 Dinámica del ambiente de manufactura

Reestructurar la manufactura de la compañía a líneas enfocadas por producto es un gran paso hacia la implementación de QRM pero no alcanzará su gran potencial hasta que realicen cambios en la forma que se determina la capacidad y los tamaños de lote (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*). Es muy común que muchos y muy buenos administradores carezcan de intuición de la dinámica de los ambientes de manufactura. Para que QRM funcione todos los departamentos de la compañía deben ser involucrados en su implementación. QRM es un sistema global que abarca todos los aspectos de la organización. Es posible que algunas políticas derivadas de la implementación del QRM afecten los indicadores de otros departamentos, por eso es necesario que todas las áreas, no solo las de producción, entiendan los beneficios desde una perspectiva global y no departamental (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

2.2.1 Factores que influyen el *Lead time*

De acuerdo al Dr. Suri aunque los procesos tengan el mismo porcentaje de utilización estos pueden llegar a tener diferentes tamaños de fila de espera y *lead times*. Otras variables que afectan el tiempo de proceso son la variabilidad de tiempo de proceso y la variabilidad en arribos al centro de trabajo.

2.2.2 Una fórmula para calcular el *lead time* de un centro de trabajo

Ya que la variabilidad afecta el *lead time* es necesaria una manera de cuantificarlo. Una de ellas es a través de las estadísticas; se puede utilizar una media para ver el

promedio de tiempo de arribos y la desviación estándar para ver la dispersión de estos tiempos (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*). El Dr. Suri define los siguientes conceptos como claves para poder determinar el *lead time* de un centro de trabajo. Es importante notar que estos datos estadísticos son mediciones por lote de trabajo y no necesariamente por mediciones por pieza.

TJ = media del tiempo de proceso de una orden de trabajo, incluyendo tiempos de *setup* y tiempo de proceso para todas las piezas del lote.

SJ = desviación estándar del tiempo proceso de una orden de trabajo.

TA = media del tiempo entre arribos de órdenes al centro de trabajo.

SA = desviación estándar del tiempo entre arribos de órdenes al centro de trabajo.

(R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*)

Esta información es suficiente para predecir el desempeño de un centro de trabajo con razonable certeza. De estas métricas podemos obtener 5 medidas de desempeño de un centro de trabajo:

U = utilización del centro de trabajo, es decir la fracción del tiempo total que está trabajando en una orden.

Q = número promedio de órdenes en fila de espera.

WIP = trabajo en proceso promedio en el sistema (número de órdenes en fila de espera más las que se encuentran en el centro de trabajo).

QT = tiempo promedio de fila de espera de una orden (tiempo desde el arribo de una orden hasta que ésta empieza a ser procesada).

LT = *lead time* promedio de una orden desde que arriba al centro de trabajo hasta que ésta se procese.

(R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*)

La primera medida de desempeño es la utilización del centro de trabajo, que es simplemente la razón entre el tiempo promedio de proceso entre el tiempo promedio entre arribos.

$$U = \frac{TJ}{TA}$$

Esta definición de utilización no se limita solo al tiempo productivo. En dinámica de sistemas de manufactura, incluye todos los tiempos que un centro esté ocupado para realizar una tarea, un *setup*, proceso o incluso reparación o mantenimiento. Las siguientes medidas de desempeño fueron derivadas de una rama de la estadística aplicada llamada teoría de colas. A continuación se presenta un resumen de los términos más relevantes (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

VRA = razón de variabilidad entre arribos = SA / TA

VRJ = razón de variabilidad de tiempo de órdenes de trabajo = SJ / TJ

V = Variabilidad total = VRA² + VRJ²

M = efecto magnificador de la utilización = U / (1 - U)

Los primeros dos términos son una manera de medir qué tan grandes son las desviaciones estándar comparadas contra sus medias. Con estos términos podemos obtener el tiempo de fila de espera promedio:

$$QT = (1/2) V * M * TJ$$

Dado que cada orden de trabajo tiene que esperar y luego ser procesada, el *lead time* promedio es la suma del tiempo de fila de espera promedio más el tiempo de proceso promedio:

$$LT = QT + TJ$$

2.2.3 Efecto de la utilización en el *lead time* promedio

Como podemos apreciar en la gráfica 7.5 del libro de QRM del Dr. Suri a medida que el porcentaje de utilización disminuya, el *lead time* será menor. Esto tiene bastante sentido, con baja utilización las órdenes encontrarán la mayoría de las veces el centro de trabajo libre y serán procesadas inmediatamente. Sin embargo cuando nos aproximamos a un 100% de utilización el *lead time* aumenta de manera exponencial.

Cuando lo ligamos al análisis matemático de las fórmulas, el efecto magnificador “M” aumenta conforme la utilización aumenta $[U / (1 - U)]$. Si U es muy grande (casi el 100%) el efecto magnificador tiende a infinito. El efecto magnificador (M) hará que el *queue time* (tiempo de fila de espera) $[QT = (1/2) V * M * TJ]$ tienda a infinito cuando el porcentaje de utilización sea muy grande.

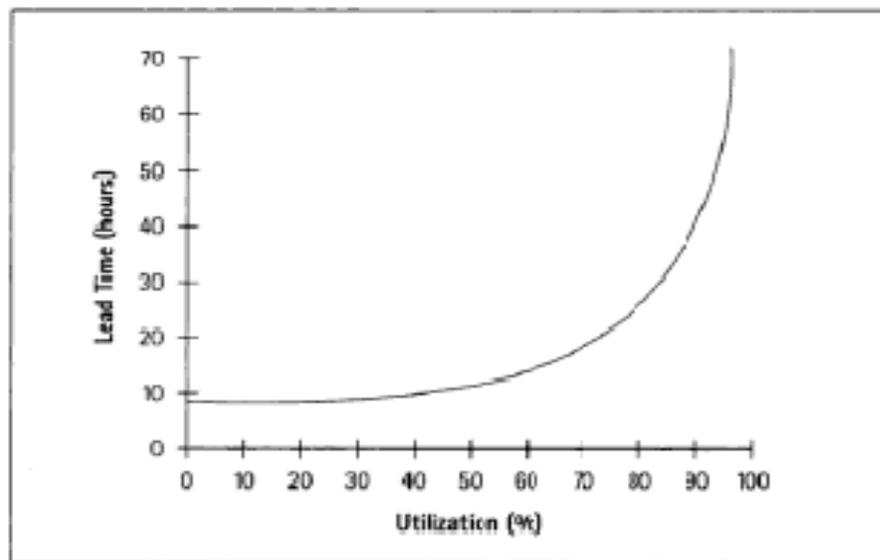


Figure 7-5. Effect of Utilization on Lead Time for the Work Center

En la gráfica 7.6 del libro de QRM observamos otro comportamiento. Entre mayor sea la variabilidad entre arribos y entre tiempos de proceso, la variabilidad total aumentará y hará que el comportamiento exponencial se acelere. Recordemos el valor $V = \text{Variabilidad total} = \text{VRA}^2 + \text{VRJ}^2$, y como esta afecta en la fórmula del *queue time*.

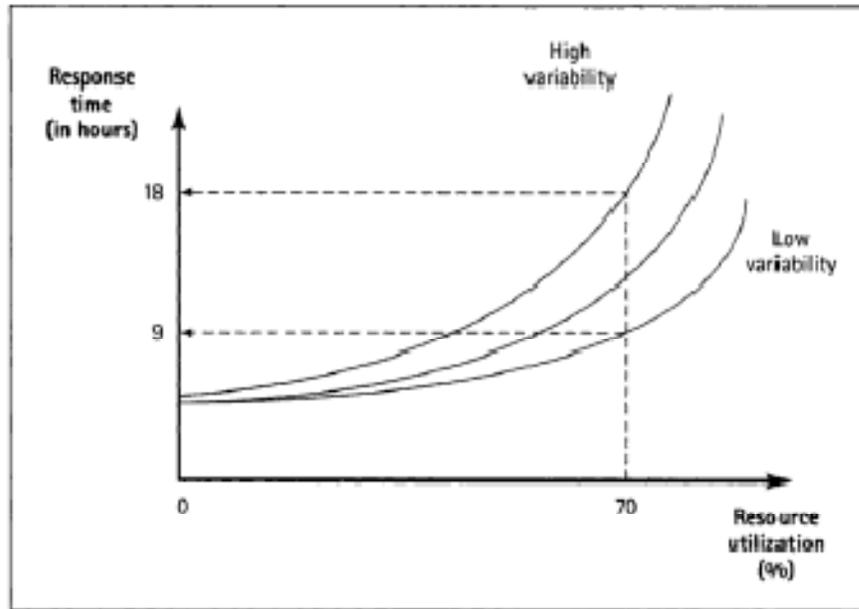


Figure 7-6. Combined Effect of Utilization and Variability on Lead Time

Uno de los principios de QRM nos menciona: “Planea operar a un 70%-80% de la capacidad en los recursos crítico (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*). Es común que muchos administradores piensen que si los recursos no se aprovechan al 100% la compañía perderá dinero. Es evidente en las gráficas que si no se ajusta la utilización total del centro de trabajo la empresa perderá más dinero por no reaccionar y entregar el material a tiempo. Ésto causado por las largas filas de espera que se harán en ese centro de trabajo. Otra manera de ver esta capacidad disponible es verlo como una inversión estratégica que se pagará con mayores ventas, mejor calidad y costos menores en el futuro (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

2.2.4 Impacto del tamaño de lote

El uso de estas fórmulas se puede ampliar para obtener el comportamiento del *lead time* cuando variamos el tamaño del lote del sistema. El pensamiento tradicional sugerirá utilizar la ecuación de tamaño económico (EOQ) para minimizar costos de *setup* y proceso durante el año de acuerdo a la demanda. Sin embargo la EOQ no considera la

velocidad del tiempo de respuesta (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*). Esto se demuestra de la siguiente manera, sea:

D = la demanda durante el periodo (total de piezas)

H = número de horas trabajadas en el periodo

L = promedio de tamaño de lote de cada orden (esta será nuestra variable)

TA1 = tiempo entre arribos si las órdenes fueran de una pieza = H / D

TA = tiempo entre arribos cuando se utiliza un lote promedio $L = L \times TA1$

TSU = tiempo de *setup* de una orden

TJ1 = tiempo para fabricar una pieza (después de hacer el *setup*)

$TJ = TSU + L \times TJ1$

Nótese que TJ y TA tienen el mismo significado que las fórmulas vistas en la sección anterior (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*). Ya que tenemos TJ y TA se puede calcular la utilización: $U = TJ/TA$. Esta fórmula también puede ser rescrita como $U = U1 + TSU / (L \times TA1)$, siendo $U1 = TJ1 / TA1$.

Analicemos la gráfica 7.7 del libro de QRM del Dr. Suri que representa el comportamiento de la utilización y el tamaño de lote. Cuando el tamaño de lote es muy grande la utilización tiende a $U1$, esto debido a que se requieren pocos *setups* para alcanzar la utilización del sistema sin *setups*. También observamos otro comportamiento, cuando el tamaño de lote se hace más chico la utilización aumenta. El límite físico del sistema es tener una utilización igual a 1 o 100%, en este caso el tamaño de lote mínimo será LMIN.

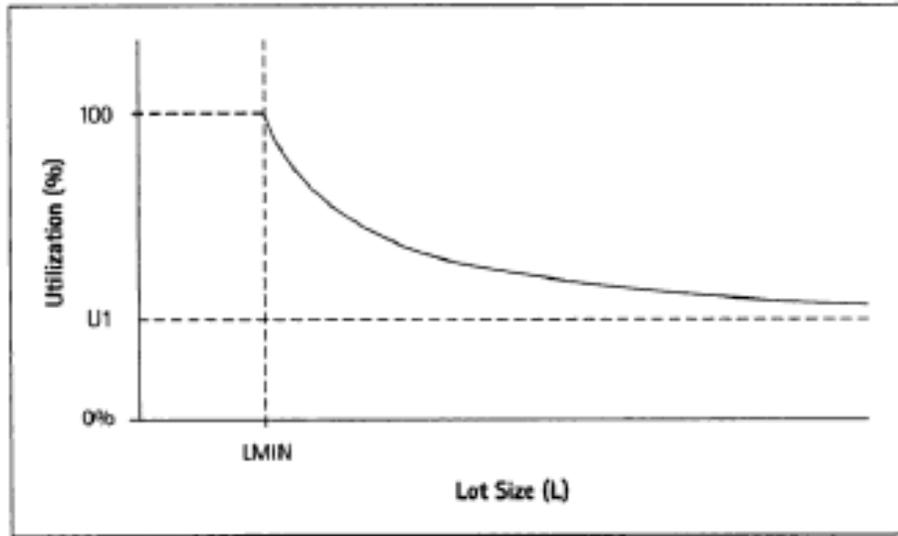


Figure 7-7. Impact of Lot Size on Utilization

Si con esta información evaluamos el *Lead time* para diferentes tamaños de lote con las ecuaciones anteriores obtendremos una gráfica como la que se muestra a continuación.

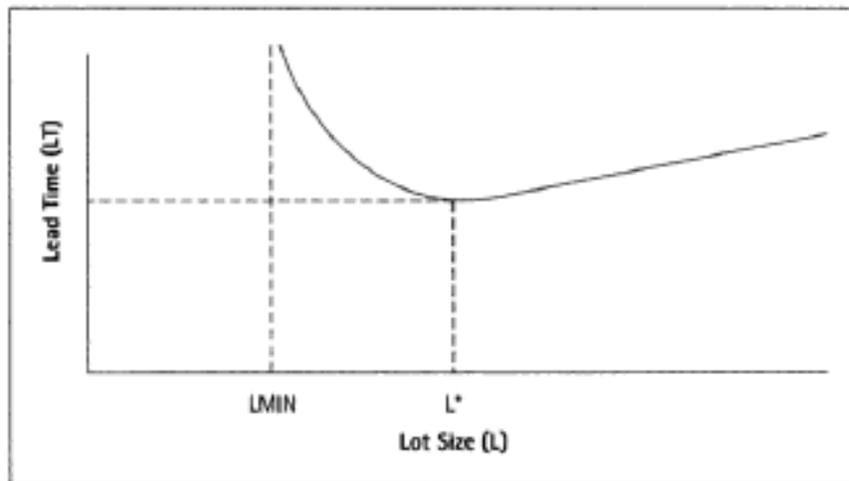


Figure 7-8. Impact of Lot Size on Lead Time

De acuerdo al Dr. Suri, el comportamiento del *lead time* depende de los siguientes factores:

- La utilización del centro de trabajo
- El tamaño de lote utilizado
- La variabilidad de los arribos y tiempos de proceso

Una buena estrategia para reducir el *lead time* es a través de una combinación de la reducción del tiempo de *setup* y del tamaño de lote como se muestra a continuación en la figura 7.10 de libro de QRM del Dr. Suri:

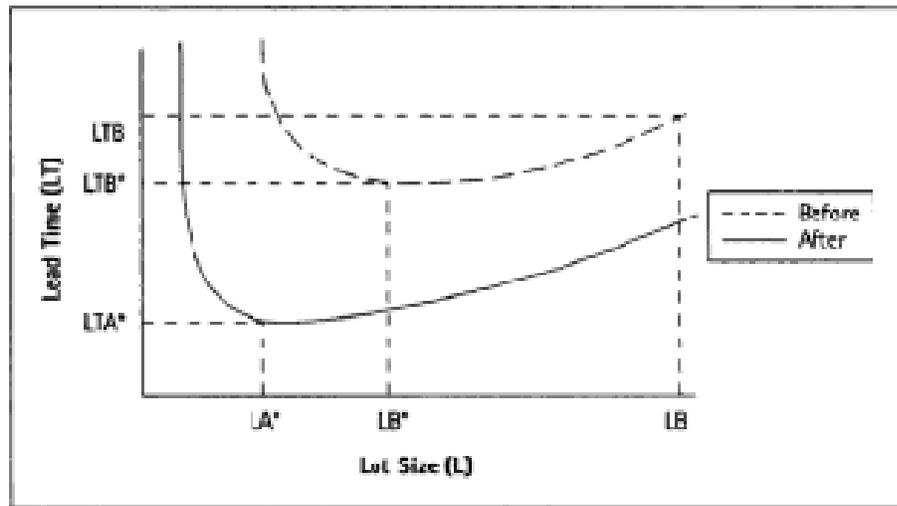


Figure 7-10. Combined Impact of Setup Reduction and Lot Size Reduction

2.2.5 Tamaño del lote con múltiples productos

En las ecuaciones anteriores aún y que había múltiples productos utilizamos un promedio representativo y consideramos el efecto del promedio en el *lead time*. Es útil analizar los productos que tienen diferentes políticas de tamaño de lote (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

Hay que considerar que existe otro efecto, si los tamaños de lote de los productos son diferentes, la variabilidad en los tiempos de proceso se vuelve considerable. Como regla de dedo: “Para reducir la variabilidad en un centro de trabajo, una buena regla para múltiples productos en un centro de trabajo, mantener sus tamaños de lotes de tal manera que el valor total de *setup* más el tiempo de proceso sean los más cerca posible ($TSU+L*TJ$) (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

2.3 Sugerencias del Dr. Suri Sobre Celdas y POLCA.

Existen 7 principios sugeridos por el Dr. Suri para reestructurar la compañía, es decir pasar de un sistema basado en costos a un sistema QRM. Cabe mencionar una de las filosofías detrás del QRM, hay que encontrar nuevas maneras de hacer las cosas. A continuación se presentan estos principios:

- Cambiar de una organización funcional a una que esté orientada al Producto. Es necesario que los recursos se encuentren cerca de otros y organizar la producción en celdas de manufactura.
- Cambiar de una estructura jerárquica con muchos niveles a una estructura organizacional plana con muchos equipos.
- Desarrollar multi-habilidades en el personal
- Desarrollar equipos con sentido de propiedad y dedicados a un producto.
- Simplificar procesos de planeación y fabricación para que sean desarrollados a nivel local.
- Reducir WIP sincronizando la operación y utilizando celdas de manufactura para reducir el tiempo de proceso.
- Trabajar con lotes más pequeños y al mismo tiempo mejorar la calidad y reducir toda clase de desperdicios.

(R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*)

De acuerdo al Dr. Suri, las celdas de manufactura han sido promovidas por más de 3 décadas. Existe una gran resistencia y muchas compañías se han decepcionado de los resultados y han vuelto a esquemas tradicionales. Las razones principales por lo cual las celdas de manufactura han fallado es la malinterpretación de los conceptos básicos y mantener políticas organizacionales tradicionales después de que las celdas se implementan.

2.3.1 Celdas de Manufactura creando una organización enfocada al producto.

Una herencia de las economías de escala es la organización funcional de los trabajadores. Los soldadores soldan, los prensistas están en la prensa, el personal de maquinados máquina, etc. El Dr. Rajan Suri nos da su propia definición para una celda de manufactura: “una celda de manufactura consiste en un arreglo de máquinas, próximas unas de otras, organizadas de acuerdo a rutas de productos para minimizar el traslado de las partes en ella (normalmente en forma de “U”). Esta celda está operada por un equipo de trabajadores con multi-habilidades para desempeñar distintas operaciones en la celda y que toman toda la responsabilidad por la calidad y el su desempeño en entregas. La celda está dedicada a producir una familia de productos que requieren operaciones similares y tienen como meta hacer todas las operaciones que requieran las partes dentro de la misma celda. Esto quiere decir que todos los recursos requeridos para completar las operaciones deben estar disponibles dentro de la celda.” (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*)

Existen 6 puntos críticos en esta definición:

- La meta de la celda es empezar con materia prima y producir partes terminadas. Esto no es siempre posible pero existen algunos remedios para mejorarla.
- Las máquinas de la celda no son iguales, si fueran todas iguales estaríamos hablando de que estas tienen un *layout* funcional.
- Los recursos están cerca unos de otros. Existen compañías que han implementado celdas virtuales donde el equipo pertenece a una celda aunque no haya sido reubicado.
- En contraste al viejo principio de división del trabajo, se cuenta con personal con multi-habilidades.
- En lugar de tener una jerarquía de gerentes se le da sentido de propiedad a los equipos de la celda.
- La celda está dedicada a fabricar una familia de productos, lo que hace que los recursos no se compartan con algo fuera de esa familia.

2.3.2 POLCA

El Nuevo sistema de control de materiales y de abastecimiento de QRM.

Se conoce como control de materiales a la tarea de ejecutar el programa de producción. Para lograrlo existen métodos para administrar el flujo de materiales y así cumplir el programa de producción, o en su defecto, hacer las acciones correctivas necesarias al momento de detectar desviaciones (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

2.3.3 Repaso de los sistemas *Push*

El MRP desarrolla un plan de producción de acuerdo a la fechas de embarque de los productos. El MRP utiliza los tiempos de producción estándar (*lead times*) para determinar cuándo las órdenes de estos requerimientos deben ser disparadas en la primer estación de trabajo (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

Cada centro de trabajo debe completar las operaciones y procesos de cada uno de los productos de acuerdo a la cédula (*Due Date*) proveniente del sistema MRP. Cada departamento sigue su propia cédula “empujando” las órdenes de trabajo al siguiente departamento. Esto se lleva a cabo sin importar la capacidad de respuesta que tenga la siguiente estación en el futuro cercano (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

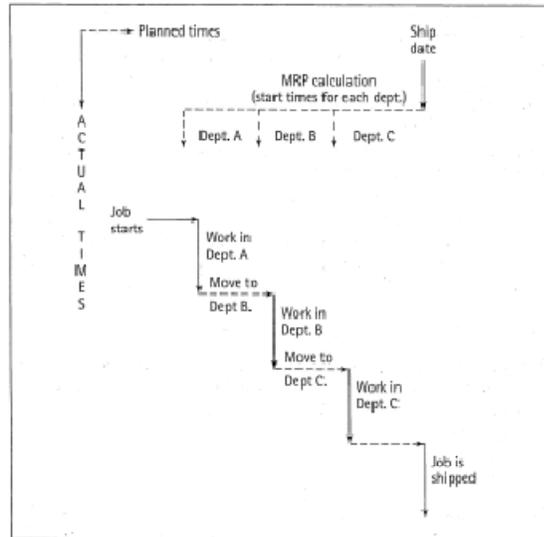


Figure 9-1. Sequence of Events in a "Push" System

Extraído de (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

2.3.4 Repaso del sistema *pull*

Una parte integral de la implementación del JIT (*Just in Time*) es el establecimiento de un sistema *pull* sincronizado con un mecanismo de control. *Kanban* es el método de abastecimiento de material que administra y asegura el éxito de la producción JIT, a través de tarjetas de control y contenedores. Para desarrollar el potencial del *kanban* y certificar el éxito en una compañía se necesita adquirir una nueva cultura y trabajar con programas como lo son: educación JIT, programas TPM, programa de cambios rápidos SMED, cero defectos, fábrica visual, etc (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

En un sistema *pull*, el flujo de material se dispara cuando una orden del cliente causa que un artículo del inventario de producto terminado sea removido. A través de señales se le indica a la estación de trabajo anterior que debe fabricar otra pieza u otro lote de piezas. Cuando esta estación de trabajo consume su inventario por debajo de un nivel preestablecido, se manda una señal a la estación anterior para fabricar más piezas y así sucesivamente a través de la cadena de suministro (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

La producción siempre es disparada por la demanda de la estación subsecuente. Paulatinamente la producción de cada estación de trabajo llega a estar sincronizada con la demanda del producto final. El nivel de inventario entre cada par de estaciones es limitado por el número de tarjetas *kanban*.

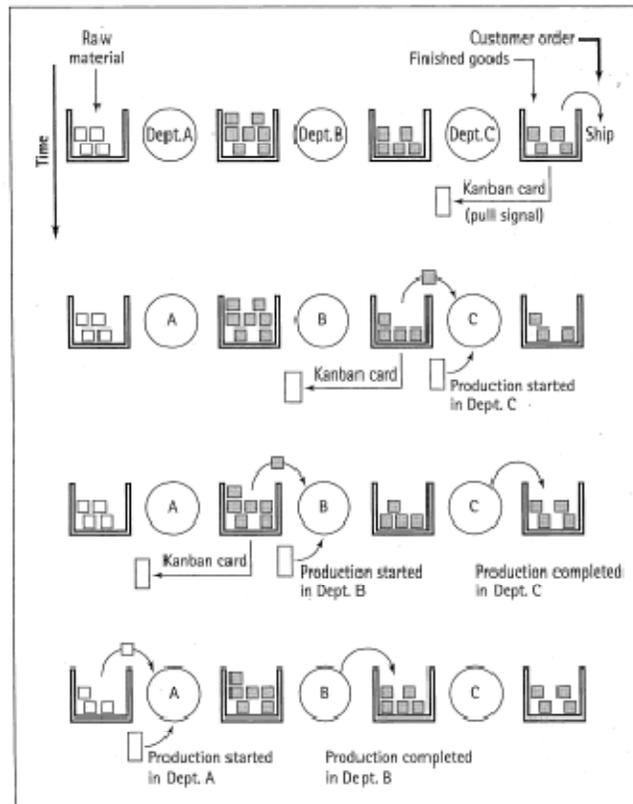


Figure 9-2. Sequence of Events in a "Pull" System

Extraído de (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

2.3.5 Comparando *Pull* vs *Push*.

Los sistemas de jalado tienen dos ventajas clave comparados con los sistemas de empuje:

- Fácil control: la simplicidad de las reglas de operación del *kanban* combinado con la parte visual de tarjetas y contenedores, resulta en un sistema fácil de administrar y controlar.

- Soporte para calidad y mejora en la confiabilidad: los bajos niveles de WIP (*Work in process*) y controles sincronizados de un sistema de jalar requieren de una alta calidad en el producto, derivada del perfeccionamiento del proceso productivo y alta confiabilidad de las máquinas para prevenir interrupciones, proveniente de un sistema de mantenimiento óptimo. Un sistema de jalar también motiva la mejora continua en calidad y confiabilidad al remarcar el origen de las interrupciones cuando suceden.

2.3.6 Control de Material – No empujes o jales, POLCA

POLCA proviene del acrónimo americano definido como Tarjetas de autorización para celdas emparejadas con lazos superpuestos (*Paired-cell Overlapping Loops of Cards with Authorization*). La estrategia QRM es particularmente efectiva para compañías que fabrican productos de acuerdo a un diseño personalizado o en lotes pequeños. Una compañía QRM se organiza en celdas de manufactura enfocadas en un segmento del proceso, para procesar familias de piezas similares (R. Suri, *Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing Lead times*).

Ejemplo de una compañía, *CFP Corporation*:

Sirve a una gran variedad de mercados a través de una estrategia QRM, por lo que ha creado diversas celdas de manufactura. Cada una de ellas contiene un número determinado de máquinas para satisfacer una necesidad en común (R. Suri, *Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing Lead times*).

Los factores claves para su sistema de administración de materiales:

1. La habilidad de establecer rutas del proceso a través de las diferentes combinaciones de celdas requeridas de una orden.
2. Dentro de una celda, la habilidad para que los productos puedan ser procesados en diferentes secuencias.
3. Una gran flexibilidad en términos de la capacidad disponible en cada operación de la celda.

(R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*)

El intento original de los sistemas MRP era permitir a la compañía alcanzar estos 3 factores clave, pero no ha sido completamente exitoso.

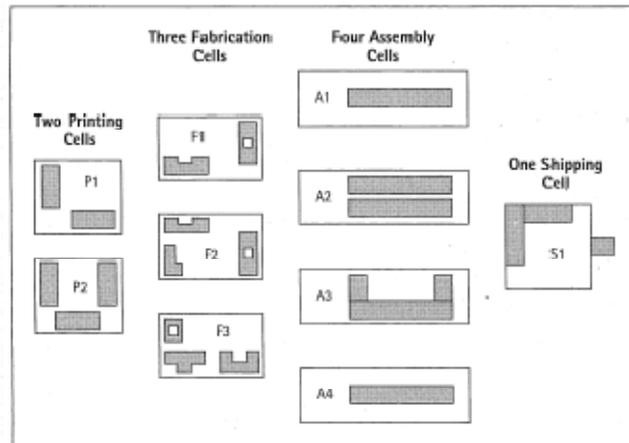


Figure 9-3. Organization of Cells at CFP Corporation

Extraído de (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

2.3.7 Cómo POLCA trabaja para la organización QRM

QRM es un sistema de control de materiales que opera en el contexto de:

1. Un sistema de planeación de requerimientos de alto nivel (HL/MRP)
2. Una organización estructurada en celdas.
3. Estructura de Materia Primas bien definida (BOM)

(R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

POLCA tiene 4 características claves que incorporan aspectos del MRP y de *kanban* para permitir a la compañía personalizar sus productos mientras que se mantiene control sobre el excesivo y congestionado trabajo en proceso (WIP) (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

1. Las autorizaciones de fabricación son creados vía sistema HL/MRP.
2. Métodos basados en tarjetas de material son usados para comunicar y controlar el movimiento de material entre las celdas. Para el control de material dentro de las estaciones de trabajo, se pueden utilizar otros procedimientos incluido el *kanban*.
3. Las tarjetas de control de producción, llamadas tarjetas POLCA, en lugar de ser específicos de un producto como en un sistema *Pull*, son asignadas a parejas de celdas, que se escogen de la siguiente manera:
4. Las tarjetas POLCA de cada par de celdas permanecen con la orden de trabajo durante su viaje a través de estas celdas hasta que esta regrese al inicio de este lazo en la primera celda. Consideremos la interacción entre dos celdas, la A y la B:
 - Una tarjeta “A/B” estará anexa a la orden de trabajo mientras esté siendo procesada en la celda “A”.
 - Esta tarjeta permanecerá en la orden de trabajo a través de la celda “A” así como en la celda “B” hasta que esta haya sido terminada en la celda “B”.
 - Solo hasta que la orden de trabajo se mueve a la siguiente celda, digamos la “C”, esta tarjeta A/B regresaría a la celda “A”.

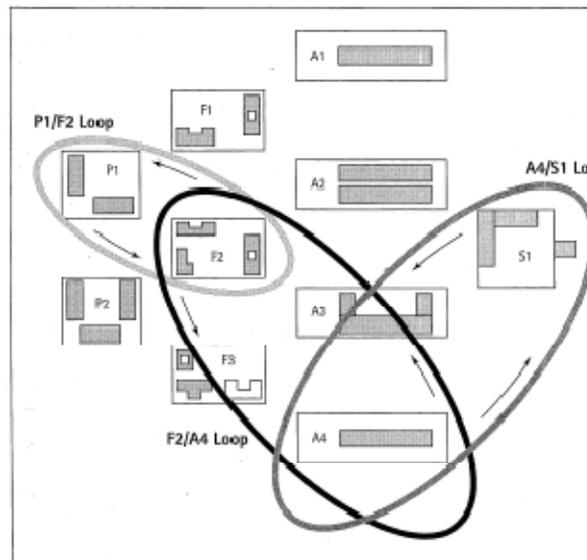


Figure 9-4. POLCA Card Flows for a Particular Order at CFP Corporation

Extraído de (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

2.3.8 Ejemplo del flujo de tarjetas POLCA

Imagine la compañía *CFP Corporation*; La fig 9-4 indica el flujo de las tarjetas POLCA de una orden particular en CFP. La ruta de esta orden la lleva desde la operación P1 a la F2; después a la celda A4 para su ensamble y finalmente a la celda S1 para prepararla para embarque. Es decir, esta orden viajará a través de los lazos de las tarjetas POLCA P1/F2, F2/A4 y A4/S1 (R. Suri, *Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing Lead times*).

El sistema HL/MRP imprime la orden de trabajo con las rutas de operación requeridas por cada uno de los componentes. Esta orden de trabajo contiene la información típica encontrada en las rutas de los sistemas MRP. En adición esta orden trae la secuencia de las celdas de trabajo que debe visitar antes de ser terminada. En este caso las celdas P1, F2, A4, S1 (R. Suri, *Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing Lead times*).

La ruta de esta orden comienza en P1; si existe materia prima y la tarjeta P1/F2 está disponible al inicio de esta celda, la orden comienza a procesarse en la celda P1.

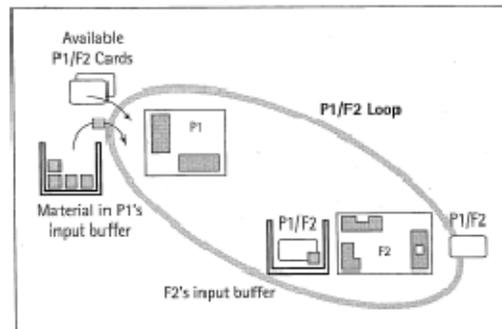


Figure 9-5. Job Launch into Cell P1

Extraído de (R. Suri, *Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing Lead times*).

Al emparejar las celdas, las tarjetas POLCA aseguran que las órdenes procesadas en las celdas de trabajo sean aquellas cuyo siguiente destino tenga también capacidad disponible para procesarlas. Ésto para evitar crear grandes filas de espera. Hay que

recordar que uno de los problemas del MRP es que los departamentos continuarán empujando órdenes de trabajo a otros departamentos aún y cuando éstas no puedan ser procesadas. Ésto incrementará innecesariamente la cantidad de WIP que existe en el sistema. La tarjeta POLCA permanece con la orden de trabajo mientras se encuentra en la celda de trabajo; sin embargo el flujo de trabajo del material de la celda no es controlada por la tarjeta POLCA.

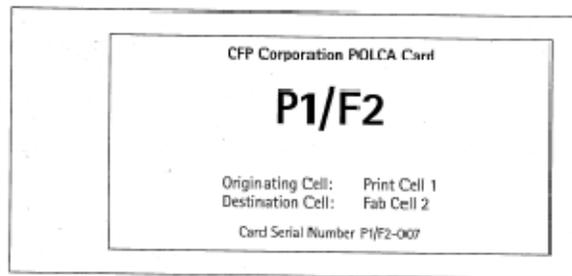


Figure 9-6. A Typical POLCA Card

Extraído de (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

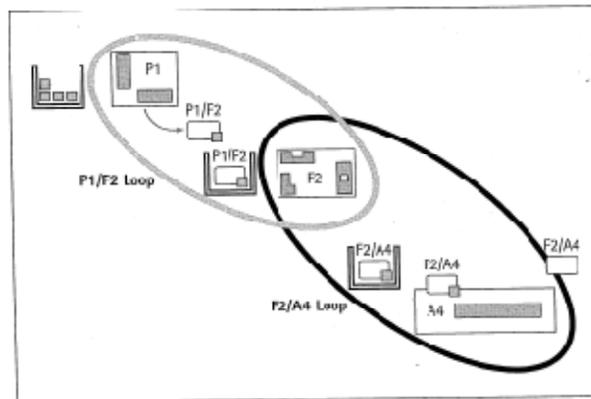
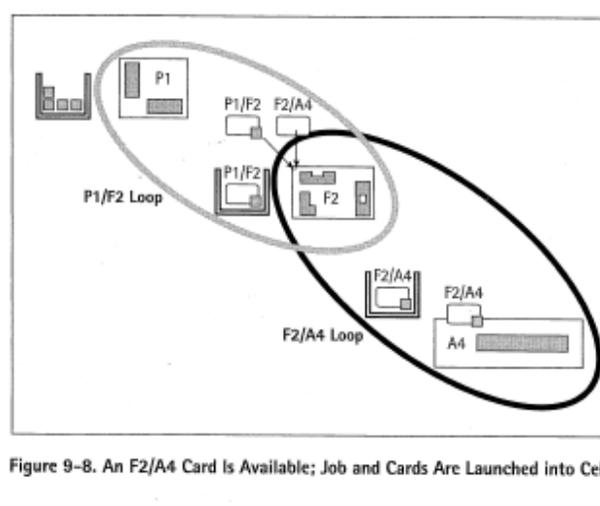


Figure 9-7. The Job and P1/F2 Card Proceed to the Input Buffer for Cell F2

Extraído (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

Después de que la celda P1 ha terminado sus operaciones, la orden de trabajo y la tarjeta POLCA P1/F2 viajarán al *buffer* de entrada de la estación de fabricación F2. Una vez que la orden de trabajo llega a la celda F2, hay que observar que la siguiente operación de acuerdo a su ruta estándar es la celda de ensamble A4. El equipo de la celda

F2 requiere tener una tarjeta POLCA para el lazo F2/A4 para poder iniciar a procesar esta orden de trabajo. Sin embargo en nuestro ejemplo, Fig 9-7, las otras tarjetas POLCA F2/A4 se encuentran en otras áreas. Una tarjeta se encuentra esperando en A4, otra se encuentra a la salida de A4 esperando a regresar a la celda F2.



Extraído de (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

Cuando una de estas tarjetas F2/A4, Fig. 9-8, regresa al área, la orden inicia a ser procesada en F2. En un sistema *kanban*, la primera tarjeta (P1/F2) será removida de la orden y regresaría a la primera celda, P1. Sin embargo en POLCA, esta tarjeta permanece en la orden mientras se procesa en la segunda celda F2. En resumen, cada orden de trabajo en la celda F2 tendrá dos tarjetas POLCA en ella: una tarjeta que llegó con la orden y por lo cual F2 es la segunda celda del par (P1/F2), y otra tarjeta que le permite disparar el proceso en F2, en la cual F2 será la primera celda del siguiente par (F2/A4). De ahí viene el término lazos superpuestos del acrónimo de POLCA.

Cuando la orden de trabajo es completada en la celda F2, dos cosas deben suceder:

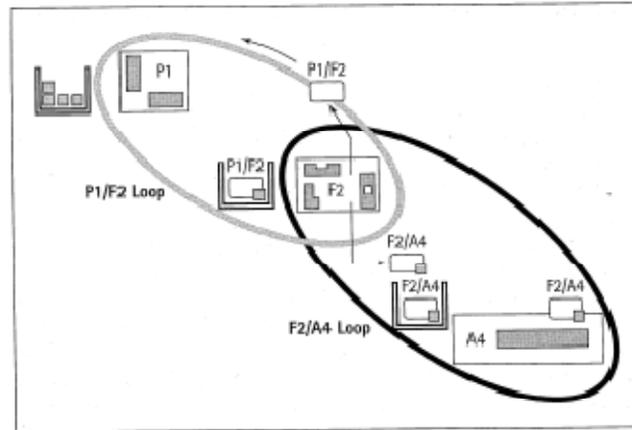


Figure 9-9. Upon Completion at F2, Job and F2/A4 Card Proceed to A4; P1/F2 Card Returns to P1

Extraído de (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

1. La tarjeta P1/F2 es removida y regresa al inicio de la celda P1.
2. La orden de trabajo es trasladada al *buffer* de entrada de la celda de ensamble A4 con la tarjeta F2/A4 todavía en la orden,

Ahora el proceso se repite en la celda A4.

2.3.9 Autorización para el lanzamiento de órdenes, con algo de *push*.

Para una estrategia QRM viable, se necesita algo de elementos del sistema *push*. Cuando una compañía recibe una orden del cliente, el sistema HL/MRP utiliza los *lead times* planeados para cada celda de manufactura y determina el tiempo en la que cada producto debe iniciar a procesarse para satisfacer a tiempo esa orden del cliente. Esta parte del HL/MRP no es diferente de un MRP estándar, excepto que el HL/MRP está basado en BOMs simples y utiliza los *lead times* de celdas completas en lugar de centros de trabajo individuales dentro de la celda. El sistema HL/MRP trata a las celdas como “cajas negras” y solo ajusta el tiempo de entrega de las celdas como un todo, no por los pasos individuales que se realizan dentro de ella (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

Existe una gran diferencia en QRM; los tiempos de disparo, que son la salida del sistema, no se refieren a cuándo va a iniciar la producción en la celda, o cuándo debería, sólo a cuándo podrían iniciar. En lugar de llamarles fecha de disparo como en un sistema MRP estándar, éstos se llamarán en el sistema HL/MRP fechas de autorización (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

Estas fechas de autorización del sistema HL/MRP son utilizados para modificar los procedimientos de POLCA como sigue: Una orden esperando en el buffer de entrada no puede comenzar a ser procesada hasta que la tarjeta POLCA correcta esté disponible y su fecha de autorización haya iniciado.

Uno de los pasos de QRM es buscar maneras para que nuestros clientes nos ordenen en lotes pequeños y en cantidades frecuentes. Sin embargo, antes de alcanzar esta meta, pudieran realizarse corridas de producción en cantidades más pequeñas. Para determinar la cantidad de material en el sistema es decir los lotes de producción, se les debe permitir a los equipos de las celdas utilizar sus propias herramientas de planeación para descubrir cuáles son las cantidades de material que idealmente pueden manejar. Después pueden transmitir esta información a los planeadores de producción (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

2.3.10 Ventajas de POLCA en los sistemas MRP y *Pull*

El uso de tarjetas POLCA asegura que cada una de las celdas solo trabaja con aquellas órdenes que están destinadas a celdas subsecuentes que también serán capaces de trabajar en ellas en el futuro próximo. En otras palabras, si una tarjeta POLCA de una operación subsecuente no se encuentra en el área quiere decir que la celda tiene más órdenes en espera de las que puede manejar. Trabajar en una orden destinada para esa celda solo incrementará el inventario del sistema ya que existe una falta de capacidad para procesar esta orden. Es preferible esperar y colocar los recursos de la organización en otros trabajos que pueden ser utilizados en otras maneras. Esto es similar a la lógica que existe en un sistema *pull* (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

El uso de las fechas de autorización de un sistema HL/MRP también previene la creación de inventario excesivo. Los sistemas *pull* tienen la desventaja de llenar las etapas intermedias de producción con inventario. Pero existe el caso donde hay una gran cantidad de productos con poca demanda, o productos de alto volumen cuya demanda está disminuyendo. Al acoplar las autorizaciones de material utilizando HL/MRP con un esquema POLCA se asegura que no se han fabricado productos solo porque se tiene una señal de *kanban*. Solo se hacen productos si existe una demanda de ellos (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

A diferencia del sistema *kanban*, donde las estaciones de trabajo están altamente sincronizadas; en las tarjetas POLCA las tarjetas fluyen en lazos más grandes. Existe un acoplamiento entre celdas que es más flexible. Hay que recordar que el sistema *kanban* es altamente efectivo para producir a una tasa dada. Al diseñar un sistema *pull*, una buena parte del esfuerzo se concentra en determinar el tiempo *takt* y el tiempo de ciclo. En la cual cada tarea debe ser completada para satisfacer la tasa de la demanda, y luego tratar de balancear el trabajo en las celdas para que cada operación idealmente no sobrepase el tiempo *takt*. En verdad el propósito de un acoplamiento tan estrecho en un sistema *pull*, es encontrar y eliminar los obstáculos que impiden alcanzar constantemente los tiempos *takt*. Estos obstáculos incluyen problemas de calidad, fallas en las máquinas, escasez de componentes y otras formas de desperdicio, por lo que su eliminación nos lleva a maximizar la productividad. Por otro lado, QRM nos ayuda a satisfacer la demanda variable para múltiples productos (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

2.4 Diferencias significativas entre QRM y otros métodos de administración de la producción como JIT y TOC

QRM es un sistema de manufactura relativamente nuevo, la primera reacción de muchos administradores sería tratarlo con cierta reserva. Sin embargo ya existen muchos casos en los cuales QRM se ha implementado con éxito. QRM ofrece muchas ventajas por sobre otras metodologías para trabajar en ambientes de bajo volumen y alta variabilidad. A continuación se presenta un resumen de la filosofía y principios de los

sistemas de manufactura más relevantes en los últimos años con el fin de hacer una comparación de las ventajas que ofrece QRM por sobre estos sistemas de manufactura.

2.4.1 Resumen de la Teoría de Restricciones (Goldratt)

- El primer paso es reconocer que cada sistema fue construido para cumplir un propósito.
- Cada acción realizada en cualquier parte de la organización debe ser juzgada por el impacto en el propósito general de ella.
- Definir la meta global y el método de medición para juzgar el impacto
- Terminología del sistema, es decir la terminología del proceso de mejora.
- Restricción, todo aquello que limita al sistema de obtener un desempeño superior al establecido en la meta.

¿Qué cambiar? Nos concentramos en tomar las acciones correctivas que conocemos. Al identificar problemas medulares nos precipitamos a tomar acciones; hay que pensar que es lo que hay que cambiar, y a qué cambiarlo. Hay que implementar soluciones simples; una vez conocida la solución, ¿Cómo causar el cambio? (Goldratt)

En las organizaciones siempre hay más políticas de las que utilizamos. Es necesario implementar un proceso de mejora continua a través de los 5 pasos. Hay que recordar que no todos los cambios son mejoras, pero todas las mejoras son cambios. Todos los cambios se perciben dentro del capital humano como amenazas a la seguridad. Hay que estar preparados para experimentar dentro del equipo resistencia emocional. Ese sentimiento solo se puede sobrellevar con una emoción más fuerte (Goldratt).

El equipo debe conocer el juego, las reglas y el marcador. Es muy importante definir el nombre del juego: “Hagamos dinero” ó “Cobremos la nómina”. También es importante recordar “Lo que se mide se puede mejorar”. Si aceptamos que las personas siempre quieren ganar es importante enseñarles el marcador para motivar aquellos comportamientos que mejoren el marcador y se refleje en la medición. Las mediciones en este sistema de producción es la habilidad de hacer dinero; utilidad neta y retorno sobre la inversión (Woepfel).

Siendo administradores esto nos puede parecer muy claro. Los empleados y los operadores van a ser tan productivos como las herramientas de medición que se tengan. Un director decía una vez, “Llego un administrador nuevo a una línea de producción y de inmediato quiso implementar cambios. La primera vez pensó, tal vez si les pongo algo de música mis trabajadores sean más productivos. Así lo hizo y la productividad aumentó. En otra ocasión observó las paredes de las celdas y pensó, si las pintamos de un tono claro la gente estará más contenta y productiva. Así lo hizo y la productividad aumentó. Él se dio cuenta que cada ajuste traía una mejora en la productividad. Un día quiso experimentar y probar si sus mejoras habían funcionado realmente. Pintó las paredes de negro y quitó la música, y la productividad volvió a aumentar. Lo dejó pensando cual es la clave, que es lo que no había cambiado para que la productividad siguiera en aumento. La respuesta fue la atención que el administrador ponía en la línea, no eran los cambios que realizaba cada semana, si no el interés que mostraba y que contagiaba a la gente.”

A continuación se enuncian conceptos claves de la teoría de restricciones:

Throughput, es el dinero producido en un sistema. No hay que confundir con el ingreso, se le tiene que restar todos aquellos gastos variables, costos de materiales, comisiones de ventas, gastos de subcontrato, gastos de embarques, etc. (Woeppe).

Inventario, es el dinero invertido en el sistema. Está definido como todo aquel dinero que el sistema invierte en aquellos elementos que planea vender. Los activos se consideran inventario (a un costo depreciado), y todas las partes compradas (Woeppe).

Costo de operación, todo el dinero gastado en convertir el inventario en *throughput*. Entre ellos encontramos mano de obra directa e indirecta, insumos y el *overhead*, es decir todo el dinero real que se tiene que invertir para la manufactura de aquellos productos o servicios para satisfacer al cliente. Se incluye la mano de obra directa en los costos de operación para simplificar el proceso de decisión y hacer que la medición sea más fácil de entender (Woeppe).

Mediciones Globales:

Throughput (T), Inventario (I), Costos de Operación (OE)

Utilidad Neta (NP) = T - OE

Productividad = NP / OE

Retorno sobre la Inversión (R) = NP/ I

Vueltas al inventario (IT) = T / I

2.4.2 Mediciones en práctica, 3 falsas suposiciones:

De acuerdo a Woepfel es muy común que los administradores cuando requieren justificar cambios o compras de maquinaria, herramientas o equipo realicen algunas suposiciones que son falsas. A continuación se enlistan algunas de ellas:

1. Tiempo ahorrado = Reducción de Costos, es decir “Cuando se ahorra en mano de obra directa, los gastos se van a reducir”. “El tiempo no es siempre dinero”. A menos de que el trabajador realmente se vaya y lleve a una reducción del pago de la nómina, no existe una reducción en el costo (Woepfel).

2. Ahorro en mano de obra está ligado a los productos realizados, “El incremento o caída de producción no dicta un aumento o caída en el gasto de mano de obra (MO)” (Woepfel).

3. El *Overhead* varía en función de la mano de obra directa, solo porque la MO se haya reducido no quiere decir que el *overhead* se ha reducido en la misma proporción (Woepfel).

Las decisiones se deben tomar de acuerdo a su contribución a la reducción de los gastos de operación o al aumento del *throughput*, que son aquellas variables que impactan positivamente a la utilidad neta (Woepfel).

Independientemente de la metodología de control de producción utilizada, estas falsas suposiciones las vemos todos los días. Es muy importante entenderlas y no caer en falsas conclusiones a la hora de justificar alguna maquinaria.

2.4.3 Administración de las Restricciones

Es necesario evaluar la toma de decisiones en términos del impacto al *throughput*, nivel de inventario o costos de operación. El desempeño de la restricción del sistema determinará el desempeño de todo el sistema. El peor elemento del sistema determinará el desempeño de la organización; como en una cadena, la fuerza de ella es determinada por el eslabón más débil (Woeppe).

2.4.4 Existen 3 tipos de restricciones: (Woeppe, 2001)

1. Restricciones en las políticas, es decir “todas aquellas reglas, mediciones o condiciones que dictan el comportamiento organizacional”. Normalmente éstas representan el 90% de las restricciones de los sistemas y son fáciles de arreglar. Ejemplos de ellas, Tamaño de lote, políticas de utilización de recursos y reglas de *setup*.
2. Restricciones en los recursos, son menos comunes, representan aproximadamente un 8% de las restricciones de las organizaciones. Una organización no puede presumir de bajos recursos o poca capacidad si existe mucho inventario en proceso y muchos bienes en inventario. Entre estas restricciones encontramos máquinas, operadores, habilidades y mercado.
3. Restricciones de material, menos comunes, tienen que ver con la escasez de material, o parcialización.

La preocupación de un administrador debe ser como administrar los recursos disponibles para alcanzar la meta. La implementación de un sistema basado en Teoría de restricciones está enfocada en el desarrollo de políticas y procedimientos en lugar de mejoras en procesos (Woeppe).

2.4.5 Cinco pasos para la administración de restricciones: (Woepfel, 2001)

1.- Asegurar que la restricción sea el punto de atención en todo lo que hagamos. Es importante identificarlo, conocer su ubicación ya que determina el *output*, la rentabilidad y el ROI. Algunas preguntas que nos debemos hacer para encontrarlo son las siguientes: ¿Dónde se encuentra la cola más grande de trabajo en proceso (WIP)? ¿Dónde se acumulan grandes cantidades de material por procesar? ¿Dónde parece originarse los problemas? ¿Dónde se tiene que expedir el material todo el tiempo? ¿Cuáles son los recursos con mayor utilización? ¿Cuál se considera el recurso clave? ¿Cuáles recursos se encuentran con escasez de material? Seguramente el recurso anterior es una restricción. ¿Cuando este recurso tiene escasez de órdenes o está parado, el plan de producción se colapsa?

Es necesario la medición del impacto de las decisiones hechas sobre la restricción; ¿Hará esta decisión que el cuello de botella permita mayor flujo de material? Utilizar la regla del 80-20 para realizar aquellas acciones de alto impacto.

2. Decidir cómo explotar la restricción, hay que observar los tiempos muertos, si se está produciendo inventario para stock, ventas futuras cuando órdenes firmes existen. ¿Está el mejor operador manejando el recurso? ¿Está bien pagado? ¿Los *setups* son eficientes?

3. Subordinar los otros recursos a la restricción, es decir sincronización con todos aquellos recursos que no son restricción.

4. Elevar la capacidad de la restricción del sistema, si se está seguro que la restricción está siendo explotada adecuadamente, es hora de buscar más capacidad.

5. Regresar al paso 1, buscar la siguiente restricción.

De esta metodología obtenemos una visión y una manera de entender la dinámica de producción. De acuerdo a Goldratt, las decisiones de producción deben ser tomadas de acuerdo al impacto directo en el retorno del dinero que le puede dar a la empresa, a diferencia de otras metodologías que se enfocan en reducir desperdicios o tiempos de entrega. También la metodología sirve para superar los cuellos de botella, aunque es muy intuitivo Goldratt busca que la operación se sincronice y siga con un ritmo de producción.

2.5 Planeación de Requerimientos de Materiales (MRP)

Por su acrónimo en inglés “*Materials Requirement Planning*”, es un sistema computarizado utilizado para evitar tener faltantes de material en las líneas de producción. Este establece una cédula (plan de prioridades) mostrando los componentes requeridos en cada nivel de ensamble; basado en los *lead times* (tiempos de producción) calcula el tiempo en el que los componentes o materiales serán requeridos (Arnold).

Existen dos tipos de demanda: la demanda independiente y la demanda dependiente. La demanda independiente es aquella que no se relaciona a la demanda de cualquier otro producto. Un ejemplo de ellos son las órdenes de productos terminados pedidos por un cliente. En cambio la demanda dependiente son todos aquellos productos que son parte de la estructura o pertenecen a un nivel de superior del producto (Arnold). Si nuestro negocio se dedicara a la fabricación de mesas para restaurantes, la demanda de producto terminado, la mesa, sería nuestra demanda independiente. Por otro lado, los componentes como soportes, esquinas, lados y lámina principal corresponderían a la demanda dependiente. Por cada mesa ordenada automáticamente se disparan requerimientos para sus componentes, de ahí el término demanda dependiente.

La dependencia puede ser horizontal o vertical. La dependencia de un componente hacia un nivel superior o producto “padre” se le llama dependencia vertical. Sin embargo, existe el caso donde los componentes pueden depender unos de otros. Por ejemplo, si un componente estará listo una semana más tarde; el ensamble final estará una semana tarde. Esto hará que los otros componentes del ensamble no serán requeridos solo hasta después (Arnold).

Los sistemas MRP tienen dos objetivos: determinar los requerimientos y mantener actualizadas las prioridades (Arnold).

Determinar los requerimientos: El objetivo principal de cualquier sistema de planeación y control de la manufactura es tener los materiales correctos, en el tiempo requerido y en la cantidad requerida para satisfacer la demanda de los productos finales. El objetivo del plan de requerimientos de materiales es determinar que componentes se necesitan para satisfacer la demanda del plan maestro de producción (MPS). Basado en la cédula y en los *lead times*, éste calcula los períodos en los que los componentes estarán disponibles. Éste debe determinar lo siguiente: Qué ordenar, Cuánto ordenar, Cuándo ordenar y Cuándo entregar (Arnold).

Mantener las prioridades actualizadas: La demanda y la entrega de materias primas cambian diariamente. Los clientes cambian órdenes, los componentes se desgastan, los proveedores entregan tarde, algunas piezas se desperdician, las órdenes son terminadas, la maquinaria se descompone o requiere de mantenimiento, etc. En este mundo cambiante, el plan de requerimientos de materiales de estar reorganizando constantemente las prioridades para llevar los planes de producción al corriente. Este sistema debe ser capaz de agregar, eliminar, expeditar, retrasar o cambiar órdenes (Arnold).

El sistema MRP requiere de tres entradas para poder cumplir con estos objetivos:

Programa Maestro de Producción (*Master Production Schedule*); aquí se declaran cuáles son los productos terminados que serán producidos, cantidades y fechas en las que deberán ser embarcadas o entregadas (Arnold).

Niveles de Inventario; un *input* muy importante en los sistemas MRP es el inventario. Cuando se realiza el cálculo de los materiales requeridos, las cantidades disponibles deben ser consideradas. Aquí se requieren dos tipos de información; la primera tiene que ver con la información de cantidades mínimas, máximas o múltiplos por orden, *lead times*, *stock* de seguridad y niveles de *scrap*. La segunda información requerida es la

situación actual de cada componente. El sistema MRP necesita conocer qué material está disponible, cuándo ha sido ya comprometido o cuánto quedará disponible para satisfacer futuras demandas. Esta información se mantiene en un archivo de expedientes de inventario (*inventory record file*), también llamado archivo de componente maestro (*item master file*) (Arnold).

Bills of Material, también conocido como estructura de materiales. La asociación de administración de operaciones (APICS) define como *Bills of Material* al listado y cantidades de la estructura de sub-ensambles, partes intermedias, componentes y materias primas que juntos permiten la producción de un producto final determinado. (Arnold).

Cada componente mostrado en la estructura de materiales es planeado por el sistema MRP.

El MRP fue un método muy popular en los años 80s. Hoy en día sigue siendo una herramienta muy poderosa si sabe combinar con controles físicos o la supervisión en piso. Mi experiencia me dice que no le puedes dejar al sistema tomar todas las decisiones, éste solo nos debe de dar el punto de partida para hacer todavía ajustes en el piso de producción. Cuando se tiene una gran cantidad de productos resulta inadecuado estar ajustando en formar frecuente los *lead time* de proceso que son los que a final de cuenta disparan los requerimientos de acuerdo a la fecha de embarque. En otras ocasiones cuando no existe un seguimiento diario de las órdenes de producto terminado y seguimos ciegamente al MRP, nos puede suceder que demos prioridad o preferencia a productos o componentes que no se van a utilizar inmediatamente. Si no se supervisa adecuadamente, puede suceder el caso de que existan otros productos que han sido hechos a un lado y que pertenecen a ensambles que se están armando en ese momento en estaciones subsecuentes y se requieren inmediatamente.

2.6 Siete desperdicios de acuerdo al Sistema de Producción Toyota

Al aplicar el TPS (*Toyota Production System*), se empieza examinando el proceso de manufactura desde la perspectiva del cliente. La primera pregunta en el sistema de producción de Toyota es siempre: ¿Qué es lo que cliente quiere de este proceso? Esto define el valor de la operación a través de los ojos de cliente (sea interno o externo). Así es posible analizar el proceso y separar todas aquellas actividades que agregan valor al producto de aquéllos que no lo hacen. Es posible aplicar este tipo razonamiento a cualquier proceso en la industria de la manufactura, información o servicio. Toyota ha identificado los siete desperdicios mayores que no agregan valor a las actividades (Liker).

- 1.- Sobreproducción, producir artículos para los cuales no existen órdenes, lo que genera desperdicios tales como sobre inventarios y costos de transportación por exceso de inventario.
- 2.- Espera, los trabajadores que solo se quedan viendo una máquina automática, o tener que esperar al siguiente paso de proceso, herramienta, proveedor, parte, etc., o simplemente no poder trabajar porque existen desabasto de material, retrasos en el tiempo de procesamiento, fallas en los equipos o cuellos de botella.
- 3.- Transportación innecesaria, acarrear el WIP por enormes distancias, transportación ineficiente, movimiento de materiales, partes o productos terminados hacia o desde almacenes o entre procesos.
- 4.- Sobre proceso o retrabajo, agregar pasos o procesos innecesarios a las piezas. Procesamiento ineficiente debido a fallas en herramientas o diseño del producto, causando movimientos innecesarios y produciendo defectos. También se puede crear si se le agregar mayor calidad a los productos que los que el cliente nos exige.
- 5.- Exceso de inventario, exceso de materia prima, WIP o productos terminados lo que causa tiempos de proceso más largos, obsolescencia, productos dañados, costos de transportación y almacenamiento..
- 6.- Movimientos innecesarios, cualquier movimiento innecesario hecho por empleados tales como buscar material, alcanzar material, apilar material, buscar herramientas, etc. Caminar es un desperdicio.

7.- Defectos, la producción de partes defectuosas o su corrección. Reparaciones, retrabajos, scrap, producción para reemplazar e inspección.

Un octavo desperdicio que agrega Jeffrey K. Liker es:

8.- Creatividad inutilizada, perder el tiempo, ideas, habilidades, mejoras y oportunidades de aprendizaje al no motivar o escuchar a los empleados (Liker).

No hace falta implementar por completo *Lean Manufacturing* o TPS para darse cuenta de que la eliminación sistemática de las actividades que no agregan valor nos van a llevar a ser más rápidos, con mejor calidad y con menores índices de retrabajo. Como hemos visto a través de las metodologías presentadas, existen muchísimas cosas que se pueden implementar y hacer cambios rápidamente y que no nos cuestan un peso. Estas metodologías provienen de experimentos empíricos y lo que buscan es abrir nuestros ojos y mente.

2.7 Conceptos claves del JIT comparado con el QRM

Eliminación del MUDA. QRM implica la reducción implacable del tiempo de producción, resultando en la eliminación del desperdicio que no agrega valor, mejoras en calidad y reducción de costos. El sistema JIT requiere inventario en muchos niveles intermedios del sistema de abastecimiento de material, pero desde la perspectiva de QRM este tipo de inventario es realmente un “desperdicio”. La meta principal del QRM es no introducir ningún material al sistema hasta que exista una orden firme por ella (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

2.7.1 Implementando el Flujo

De acuerdo a la teoría de *Lean Manufacturing*, hay que desarrollar metodologías de creación de valor (Womack). El primer nivel requiere que la organización tradicional sea transformada en un modelo de operación del tipo lotes y colas de espera. Esto se logra

enfocando todos los recursos disponibles sobre un producto determinado para que esta orden pueda seguir continuamente sin ningún paro o retraso. En QRM no es necesario que las celdas tengan un flujo unidireccional (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

Tiempo *Takt*, De acuerdo a Womack y Jones, “una técnica clave para implementar este sistema es el concepto del tiempo *takt*, el cual precisamente sincroniza el ritmo de producción con el ritmo de las ventas de los clientes” (Womack). El tiempo *takt* es el tiempo que tarda en ser terminada cada pieza. “El punto es siempre definir el tiempo *takt* con precisión en un momento determinado en el tiempo con relación a la demanda y correr toda la secuencia de producción a ese ritmo”. Una vez que el tiempo *takt* a sido definido, la meta es “que el equipo de trabajo y consejeros técnicos determinen cómo ajustar cada paso de la operación para que tome exactamente el tiempo *takt*. Regularmente ésto puede ser logrado a través del desarrollo cuidadoso del trabajo estandarizado, en el cual cada aspecto del proceso es cuidadosamente analizado, optimizado y realizado cada vez exactamente de la misma manera de acuerdo a un estándar de trabajo” (Womack).

QRM está diseñado para trabajar en situaciones donde los productos están altamente personalizados para requisitos particulares y con alta variedad en las especificaciones. O bien, donde existe un gran número posible de productos con demanda variable. En esta situación, la estructura organizacional requiere ser más flexible a través de las celdas. La variabilidad en el procesamiento de necesidades y demandas de productos hace el uso del tiempo *takt*, poco práctico (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

Si existe un cambio en la demanda se necesita redefinir el tiempo *takt* y re optimizar las tareas utilizando el acercamiento anterior. Parece claro que la naturaleza de la optimización de tareas descrita anteriormente no es una actividad que se deba realizar diariamente. Cuando se tiene una demanda relativamente estable, que cambia poco entre una semana y otra, o entre un mes u otro la técnica del flujo tiene sentido (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

En QRM la variabilidad descrita anteriormente cambia de un día a otro, creando grandes cambios en el contenido de trabajo de una operación determinada. De ahí los principios claves de QRM: (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*)

- Flexibilidad en la organización (juzgar los sistemas de diseño del producto, diseño del proceso y estructura organizacional).
- Entender y explotar las dinámicas del sistema que resultan de este tipo de interacciones y variabilidad.
- Implementación de técnicas novedosas como lo es “tiempo seccionado”
- El uso de modelos de colas de espera para planear y administrar la capacidad y tamaños de lote para absorber la variabilidad.

Nivelación de cédula y rangos flexibles, Para que exista Flujo es necesario congelar la cédula y nivelarla. Womack y Jones señalan “El JIT resulta inútil cuando las operaciones subsecuentes de la cadena no practican la nivelación de la cédula (*heijunka*) para suavizar las perturbaciones de las órdenes que suceden día con día y que no se relacionan con la demanda del consumidor final. De otra manera los cuellos de botella emergerían rápidamente en las operaciones subsecuentes y *buffers* (*stocks* de seguridad) tendrán que ser implementados para prevenirlos”. Una parte de la nivelación de cédula en el JIT es encontrar maneras para reducir tiempos de *setup* y hacer corridas de lotes más pequeños (Womack).

QRM reconoce que la variabilidad puede ser codificada en la naturaleza del negocio de una compañía. Una organización QRM está diseñada para lidiar con esta variabilidad sin afectar negativamente los tiempos de proceso (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

En lugar de “Implementar JIT de acuerdo al flujo” hay que “Fluir contracorriente” (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

Otro caso típico sucede cuando los proveedores tienen largos tiempos de entrega, las técnicas típicas de *flow* intentan afinar o suavizar estos efectos al establecer una

“capacidad flexible”, la cual el proveedor debe ser capaz de absorber o alcanzar con períodos cortos de notificación. Usualmente los proveedores lo alcanzan a través de *buffers* suficientemente grandes para manejar esta “capacidad extra”. En QRM una compañía normalmente no sabe si se necesita un componente hasta que una orden es recibida y procesada (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

2.7.2 Implementando el sistema *Pull*.

La filosofía detrás de *pull* es “vende uno; compra uno” o “embarca uno; fabrica uno”. Esto implica que siempre se tiene producto terminado y listo en almacenes para ser surtido. Para la compañía QRM que fabrica miles de partes diferentes, implica tener inventario de cada uno de estos productos, o por lo menos tener material en proceso en cada una de las etapas de la cadena de suministro. Ésto no solo quiere decir que se tiene inventario en el punto de venta, también implica que existe inventario en cada una de las operaciones de la empresa. Multiplique este material por el número de piezas requeridas en cada etapa de la cadena de suministro y obtendrá un gran requerimiento para una compañía que solo requiere un número determinado de productos terminados. Esto se hace peor en compañías que fabrican diseños a la medida, algunas veces con solo una unidad por venta. Aquí el sistema *pull* falla desde el primer paso. No existe producto para vender; hasta ese momento las especificaciones del producto son desconocidas. Solo es hasta que llega la orden del cliente, que se pueden conocer. Las operaciones intermedias dependen de los parámetros del producto final y no se puede iniciar producción hasta que la orden firme sea enviada (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

2.7.3 Falsas ideas acerca del sistema *Pull*

- Una descripción común acerca de las ventajas de JIT es que le permite a las compañías “darle a los clientes lo que requieren, cuando lo requieren”.

- Es acertado decir que los sistemas de manufactura esbelta son mejores para realizar productos que involucran un bajo nivel de personalización, o productos cuya adaptación al consumidor involucra escoger de una lista de opciones predefinidas.
- “Los sistemas esbeltos pueden ser desarrollados para cualquier producto en producción en cualesquier combinación, con ello la demanda emergente puede ser absorbida inmediatamente” (Womack).
- Definiciones como: “Un producto de ingeniería personalizado puede ser fabricado en sistema *pull*, en donde la orden del cliente es jalada desde la primera operación” (¡De hecho esta es la definición de Empujar!). Un prerrequisito de los sistemas de manufactura esbeltos es un mercado con demanda relativamente estable.

(R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

2.7.4 Resumen de las desventajas de los sistemas *pull* y *flow* comparados con QRM.

Éstos no pueden manejar órdenes hechas a la medida, o adaptados a los clientes: los métodos de flujo y jalado están diseñados para ambientes de manufactura con productos repetitivos (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

La proliferación del producto en proceso (WIP) cuando la variedad de productos es alta: cuando el número de productos es muy alto esto resultará en la conservación de una gran cantidad de producto en proceso. En un sistema de jalado “puro”, las tarjetas *kanban* corresponden a un número de parte específico. A través de esta lógica, se encuentra la situación absurda donde una compañía que fabrica 1,000 diferentes números de parte, requeriría fabricar inventario para 1,000 diferentes piezas y tener un *buffer* frente a cada estación de trabajo en la línea. No parece correcto para una metodología cuya meta final

es la eliminación del desperdicio la fabricación de inventario excedente (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

Entregas tarde en un mercado en crecimiento: aún en una situación de manufactura repetitiva (*pull* perfecto), si el mercado crece rápidamente, el sistema de jalado tardará en reaccionar. Esto quiere decir que el *buffer* de productos terminados estará vacío y siempre habrá una demanda no satisfecha. Inicialmente el nivel de inventario en cada etapa del sistema *pull* ha sido alineado a la demanda actual. Cuando la demanda aumenta, los *buffers* de cada etapa del sistema se vacían, mandando señales de pánico a las estaciones precedentes. Siendo que las señales en un sistema *pull* puro solo viajan a la estación anterior, no tardará mucho en que las estaciones anteriores terminen consumiendo su inventario de material y lleguen al punto en que estarán esperando la siguiente pieza constantemente de la operación precedente. Incrementando las tasas o la capacidad de producción de cualquiera de estas estaciones no ayudará, ya que no tienen partes para trabajar. No será hasta que se alcanza la primera etapa del proceso cuando alguien se dará cuenta que las operaciones no pueden seguir con el paso de la demanda para que se dé un ajuste y una mejora. Así la primera estación puede incrementar su tasa de producción y esta mejora pueda empezar a verse reflejada en las operaciones subsecuentes (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

Embarques tardes y excesos de inventario cuando la mezcla de producción está cambiando: sucede cuando una línea con sistema *pull* que fabrica una mezcla de productos se enfrenta a un cambio en la demanda del mercado. Si la demanda de un producto está aumentando a la vez que la de otra está decayendo, traerá dos posibles desenlaces. Primero habrá embarques tardíos y clientes enojados para el producto con la demanda que aumentó. Segundo, la línea *pull* continuará con la fabricación de componentes, ensambles e inventario intermedio para todos los productos con demanda en decadencia hasta que todos los *buffer* sean saturados con este WIP (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

Desplazamiento de cuellos de botella y la complejidad de los ajustes del *kanban* cuando la mezcla de la demanda es volátil: suponiendo que no exista una tendencia clara; la demanda del consumidor final se considera simplemente variable. En este caso es difícil diseñar un sistema *pull* que trabaje correctamente (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

Si tuviéramos una línea *pull* que incluya una fresa y un taladro. El producto A requiere más tiempo en la fresa y el producto B requiere más tiempo en el taladro. Determinar qué máquina será el cuello de botella dependerá de la demanda de A o de B. Si se establecen niveles de *kanban* para cada producto basado en una demanda promedio, entonces en los períodos en que la demanda de A sea alta, la fresa estará ocupada todo el tiempo; tarde o temprano detendrá la línea ya que no habrá suficientes tarjetas *kanban* en operaciones subsecuentes que dependan de esta operación. Se puede diseñar la línea para el peor escenario, pero si se fabrican diferentes productos en la misma máquina, inundarás la línea con grandes cantidades de inventario en todos los niveles solo porque consideras el peor escenario, obviando las ventajas del *pull*. Se puede intentar ajustar dinámicamente el número de tarjetas *kanban* en cada nivel del sistema, pero esto eliminaría la simplicidad del sistema *kanban*. Inclusive uno puede causar un efecto de látigo o de ondas por la gran cantidad de ajustes realizados. Si existe un problema en el corto plazo y se agregan demasiadas tarjetas *kanban* de un producto en específico, las máquinas fabricarán demasiadas piezas de este, ignorando otros productos. Al descubrir esto seguramente aumentarán la cantidad o tamaño de lote de las tarjetas *kanban* de otros productos. Esto lleva a un círculo virtuoso llamada espiral del tiempo de respuesta (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

2.8 Comparación de QRM con otras metodologías:

JIT, Flow, Theory of Constraints (TOC), El JIT y *Flow* necesitan procesos de manufactura repetitivos y con una demanda relativamente estable. El QRM aplica para todas aquellas compañías que fabrican una gran variedad de productos con demandas variables. JIT utilizan *kanban* como sistema de abastecimiento de material el cual tiene respuestas adversas para el QRM. El JIT se enfoca en la producción y en los proveedores

mientras que el QRM va más lejos examinando operaciones de oficina, cotización y las políticas de la compañía en general (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

BPR (Business Process Reengineering), está dirigido a operaciones en oficinas y de producción, utiliza como estándar de prueba el *lead time* (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

TQM, Kaizen y TEI (Total Employee Involvement), los blancos del TQM y *Kaizen* son arbitrarios mientras que el TEI puede ser inefectivo si el personal no es involucrado en resolver los problemas medulares de la organización. Estos programas sin duda complementan el QRM si son dirigidos a alcanzar metas específicas de los principios del QRM (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

Supply Chain Management (SCM), busca coordinar la producción y el inventario a través de la cadena de suministro. Se enfoca en optimizar soluciones a través de los departamentos pero poco se habla de cómo mejorarlos (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

Manufactura Ágil, recientemente introducido como concepto pero todavía en evolución. Todavía se están desarrollando los principios medulares. Una empresa esbelta no es necesariamente ágil (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

Es importante reconocer que la visión de la administración no necesariamente es la misma para aquéllos que pertenecen a la operación. Antes de implementar QRM estas visiones deben ser una sola (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

2.9 Prerrequisitos para una implementación exitosa de QRM

- Debe existir un entendimiento profundo en toda la compañía de las bases de QRM, ¿Qué quiere decir?, ¿Por qué es necesario? y ¿Cómo trabaja?
- Los trabajadores y administradores deben comprender las bases de la dinámica de sistemas de manufactura. Específicamente deben saber cómo planear la capacidad de la línea, % utilización de recursos y políticas de cantidades de lotes y como éstas interactúan e impactan el *lead time*.
- El programa QRM tiene que ser implementado tanto en el área de producción como en las oficinas, ya que estas últimas constituyen una porción significativa del total de *lead time*. Las compañías deben incorporar políticas QRM en todas las áreas, no solo en las áreas que son obvias, como producción y cadena de suministro.
- Los empleados de oficina, así como los administradores, deben entender completamente el concepto de celdas de trabajo.
- Los obstáculos que pueden surgir en la implementación deben ser anticipados tanto como sea posible, para que todos estén preparados para combatirlos.
- Aún y cuando se debe crear la cultura QRM y la consciencia en todas las áreas de la compañía, la alta gerencia no debe intentar reorganizar la compañía inmediatamente.
- Se deben identificar pasos concretos para implementar QRM desde el comienzo de la iniciativa. Todos los principios deben apuntar a la reducción de *lead time*.

La reducción del *lead time* no puede ser hecha tácticamente, si no que tiene que ser una estrategia organizacional (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

Muchas veces cuando leía libros de *Lean Manufacturing* o teoría de restricciones pensaba que había herramientas que simplemente no se podían implementar en nuestra planta por la naturaleza del ambiente *make to order*. No podía concebir en mi mente que la mitad de la planta trabajara con *kanban* y la otra mitad con órdenes únicas totalmente

personalizadas a los clientes. Hay ocasiones en las que simplemente estas “modas” de sistemas de control de requerimientos no van a funcionar en nuestras empresas.

Esto no quiere decir que sean malas y las debemos desechar. Estas tienen mucho valor; probablemente no se puedan utilizar directamente pero este tipo de herramientas y metodologías nos hacen aprender algo nuevo y nos abren la mente a nuevas maneras de hacer las cosas.

Cuando leí los capítulos del libro del Dr. Suri no pensé que existiera un libro que hablará directamente del ambiente de trabajo de nuestra empresa. Cuando leo cómo funcionan las herramientas de esta metodología pienso que pueden funcionar y muy bien. Sin embargo lo más fácil es imaginarnos cómo quedaría. Lo cierto es que hay que capacitar a todos los empleados y operadores para que la cultura de trabajo cambie, que es lo más difícil.

Existe una oportunidad increíble para que las empresas dominen este tipo de industria ya que es un mercado poco explorado. Intuitivamente muchas actividades de la metodología ya se hacen en las empresas hoy en día. El Dr. Suri viene a robustecer y estandarizar estas actividades y a grabarlas en la cultura organizacional de la empresa. No solo en el piso productivo, sino también en las oficinas. Me uno a aquéllos que creen que el 90% de los problemas son causados por los administrativos o políticas obsoletas.

Conforme avance la investigación iremos conociendo más a fondo la metodología y las consideraciones que se deben tener en países como el nuestro para primero lograr un sistema de medición adecuado y una vez puesto en marcha comenzar a ver las áreas de oportunidad y medir el impacto que hacemos con cada una de las mejoras.

Capítulo 3 – Introducción a las operaciones de O’neal Steel de México

O’neal Steel de México es una empresa ubicada en el municipio de Guadalupe, N.L. Fundada en 1998; esta empresa pertenece a la división de soldadura de O’neal Steel. O’neal Steel de México se dedica a la fabricación de estructuras, ensambles y sub-ensambles de acero. Estos productos son para exportación, en su mayoría para el mercado americano de maquinaria pesada. La operación de O’neal en México abarca desde la compra de materia prima, transformación de materia prima a componentes y la fabricación de ensambles con soldadura, algunos de ellos también requieren de pintura. Dada la ubicación geográfica de la empresa, sistemas de calidad, y costos de mano de obra calificada, O’neal Steel de México ha logrado mantener una posición importante en el mercado.

O’neal Steel le ofrece a sus clientes flexibilidad en sus operaciones ya que se vuelve una extensión de su cadena de valor. La empresa en sí no desarrolla productos propios, se adapta a la ingeniería de sus clientes para fabricar productos terminados que les permita continuar con sus operaciones en sus plantas de Estados Unidos.

A través de los años ha ido creciendo en número de clientes lo que ha requerido inversión para absorber más negocio y hasta el momento se encuentra muy bien diversificado. El *customer service* es muy valorado por los clientes de O’neal. Se requiere contacto diario para informarles: del progreso de sus pedidos, status durante el desarrollo o implementaciones de nuevos productos y para cubrir los estándares de calidad de sus productos.

Dada la naturaleza del negocio es muy común la expeditación de productos por parte de sus clientes. Esto ha hecho a O’neal emprender el camino para desarrollar o implementar sistemas de manufactura que le permitan disminuir su tiempo de respuesta como ventaja competitiva. Uno de esos sistemas de manufactura es QRM.

3.1 Evaluación analítica de QRM en la empresa, Estado actual de la manufactura en O’neal Steel

Antes de hacer una implementación masiva de QRM en O’neal era necesario obtener información estadística relevante para determinar el estado actual del sistema. De esta manera sería más fácil en un futuro determinar el impacto de herramientas y políticas implementadas; su viabilidad y los beneficios potenciales que la metodología pudiera aportar a la empresa.

Se decidió limitar el estudio a una línea de producción dedicada a la fabricación de ensambles soldados a partir de componentes fabricados en la empresa. Estos ensambles pertenecen a una misma familia de producto y se embarcan todos al mismo cliente. Constan de 7 componentes en promedio y en general la única variación de un modelo a otro es su tamaño y la cantidad de soldadura requerida. Es una línea de producción pequeña, se fabrican 18 números de parte diferentes de acuerdo a demandas establecidas por el cliente. En la línea trabajan 20 operadores en 3 estaciones: Armado, Soldadura y Liberación /Inspección. Cada uno de ellos tiene una productividad diferente y el tiempo de proceso de cada pieza varía por cada operador. Los materiales (componentes) son entregados en *kits* de acuerdo a la disponibilidad de la estación de armado. Debido a que solo existe una plantilla por modelo para la operación de armado el flujo de operación de este proceso es por lote, en las estaciones siguientes el flujo es por pieza. En la Fig 3.1 se muestra el diagrama de flujo del proceso.

Las demandas son relativamente estables y existe un pronóstico de ventas de 1 año hacia delante de parte del cliente. Esto permite que O’neal tenga una buena planeación de compras de materias primas y fabricación de componentes. Existe una estrecha colaboración con el cliente y cambios en la demanda son notificados con anticipación.

Las fechas de embarque están establecidas por el cliente y existe la posibilidad de embarcar hasta 5 días antes de la fecha requerida. Estas partes se embarcan en cajas de tráiler junto con piezas de otras familias del mismo cliente. Se busca que estos embarques vayan siempre con la carga completa. De acuerdo a una estadística hecha de enero del 2010 a septiembre del mismo año, se embarcan en promedio 23 piezas de esta familia cada 5 turnos, por caja de *trailer*.

El fin de este capítulo es demostrar, bajo las mismas condiciones de operación y demanda, que al variar el tamaño de lote de estos productos es posible calcular de manera analítica un tamaño de lote óptimo que minimice el tiempo de repuesta de la línea, es decir que pasen el menor tiempo en la línea de ensamble.

. Este estudio no considera los efectos de faltantes de materias primas o de componentes faltantes. Se limita a modelar el comportamiento del tiempo de respuesta de la línea de ensamble al ser sometidos a diferentes tamaños de lote.

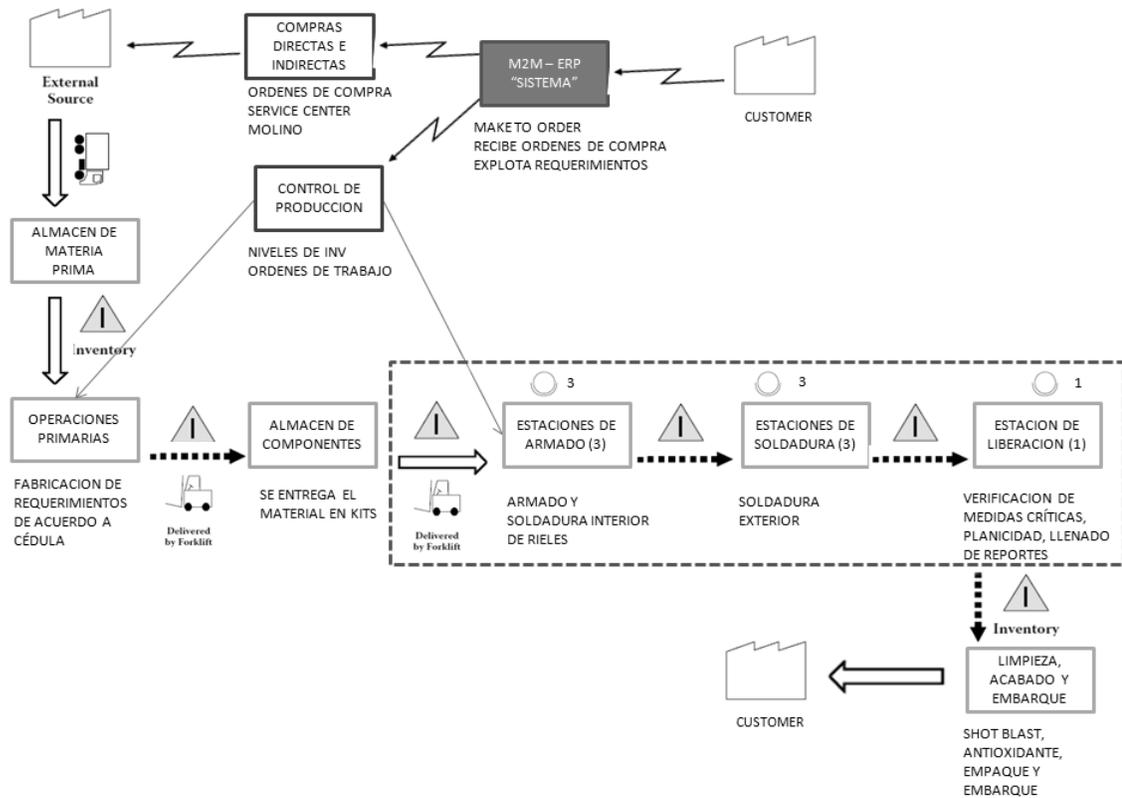


Figura 3.1 Diagrama de flujo del proceso

3.2 Calculo de métricos clave y medidas de desempeño de la organización de acuerdo a QRM

Durante el período Enero a Septiembre de 2010 se tomaron datos estadísticos para modelar el desempeño de la línea a través de las ecuaciones de QRM hechas por el Dr. Suri. Se tomaron muestras de 552 embarques y se cuidó que esta muestra fuera

representativa de la población de acuerdo a la demanda y frecuencia de producción total de cada componente. El *lead time* promedio de esta muestra es de 6.45 días. Observamos que al eliminar el 18% de esta muestra, es decir 114 partidas la media pasa de ser de 6.45 días a 3.833 días con un intervalo de confianza de ± 0.19 días. Este 18% de las muestras presentaba condiciones no normales de producción; siendo el propósito encontrar el *lead time* cuando las condiciones de operación se mantienen normales. Bajo esta premisa se decidió eliminar estas 114 partidas, por lo que se consideraron sólo 448 muestras. Si realizamos mejoras que estén alineadas a disminuir el impacto de los factores que incrementan el tiempo de repuesta, el sistema estará representando el *lead time* en condiciones normales. La administración deberá trabajar en planes de mejora y de control para reducir los siguientes factores que hacen que el tiempo de respuesta aumente y para que la aplicación y resultados de esta tesis se pudieran validar. Estos son algunos de los factores identificados que hacen que el tiempo de respuesta se incremente:

1. Desabasto en componentes debido a materiales incompletos.
2. Componentes con defectos que se hayan tenido que intercambiar.
3. Personal de nuevo ingreso o con productividad distinta a la analizada.
4. Piezas que no pudieron ser reprocesadas y pasaron directamente a *scrap*.
5. Factores atribuibles al personal (vacaciones, bajas en productividad, faltas).
6. Utilización del personal para satisfacer otras prioridades (expeditaciones) fuera de la línea.

Entre otros.

En la tabla 3.1 se muestra la distribución de frecuencias (que representa la demanda total del cliente) de la muestra por número de parte.

Tabla 3.1 Frecuencia de Muestreo por Número de parte

No Parte	# Muestras	% Muestra
No Parte #1	15	3.35%
No Parte #2	15	3.35%
No Parte #3	41	9.15%
No Parte #4	38	8.48%
No Parte #5	18	4.02%
No Parte #6	18	4.02%
No Parte #7	38	8.48%
No Parte #8	40	8.93%
No Parte #9	43	9.60%
No Parte #10	34	7.59%
No Parte #11	9	2.01%
No Parte #12	5	1.12%
No Parte #13	18	4.02%
No Parte #14	12	2.68%
No Parte #15	28	6.25%
No Parte #16	28	6.25%
No Parte #17	26	5.80%
No Parte #18	22	4.91%
Grand Total	448	

La información de cada una de las muestras fue organizada en una tabla de Excel por número de parte. Esta tabla se encuentra en la sección de Anexos (Calculo SJ y LT 2010). La información más relevante obtenida en esta tabla fue la siguiente:

- Fecha de entrega del material a la línea (inicio del proceso)
- Fecha de embarque (para calcular el tiempo de respuesta de la línea)

Es importante mencionar que dado que sólo se contaba con la fecha de embarque, se hizo un ajuste de 4 turnos, ya que éste es el tiempo promedio que las piezas permanecen en el área de limpieza y embarques.

Como apreciamos en el capítulo anterior existen 4 métricas claves que nos permiten modelar el tiempo de respuesta de un proceso:

TJ = media del tiempo de proceso de una orden

SJ = desviación estándar del tiempo proceso de una orden.

TA = media del tiempo entre arribos de órdenes al centro de trabajo.

SA = desviación estándar del tiempo entre arribos de órdenes al centro de trabajo.

(R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*)

Debido a que solo se contaba con la información de arribos de material, embarques, media del tiempo de proceso por pieza y su desviación estándar, se procedió al cálculo de TJ promedio a través de una simulación en Excel utilizando los datos de la tabla 3.2 siendo que se contaba con la cantidad de piezas embarcadas para cada una de las 448 muestras. Esta tabla fue obtenida con los promedios de la media y desviaciones estándar del tiempo de proceso de cada uno de los 20 operadores con los 18 números de parte distintos en el período de Agosto a Diciembre del 2010, ver tabla en anexos (Media y Desviación estándar por operador por producto).

3.2.1 Aportación al modelo de ecuaciones analíticas del Dr. Suri.

Recordemos que las ecuaciones del Dr. Suri están hechas para lotes de piezas que son procesadas sólo por un recurso. El Dr. Suri no es específico en cómo hacer los cálculos cuando se utiliza más de un recurso. Es muy importante mencionar que la tabla 3.2 es el resumen de los 3 procesos internos (armado, soldadura y liberación). Para calcular la media total de proceso por número de parte simplemente tomamos la suma del promedio por operador por pieza en cada una de las 3 estaciones. Sin embargo cuando queremos obtener un promedio para la desviación estándar por pieza se debe utilizar un cálculo diferente. Debemos de obtener una varianza en común para cada uno de los 3 procesos para poder aplicarlo a las ecuaciones del Dr. Suri. Si sumamos las varianzas de cada uno de estos procesos y le calculamos la raíz cuadrada obtenemos la desviación estándar que engloba la variación del producto en cada una de las estaciones.

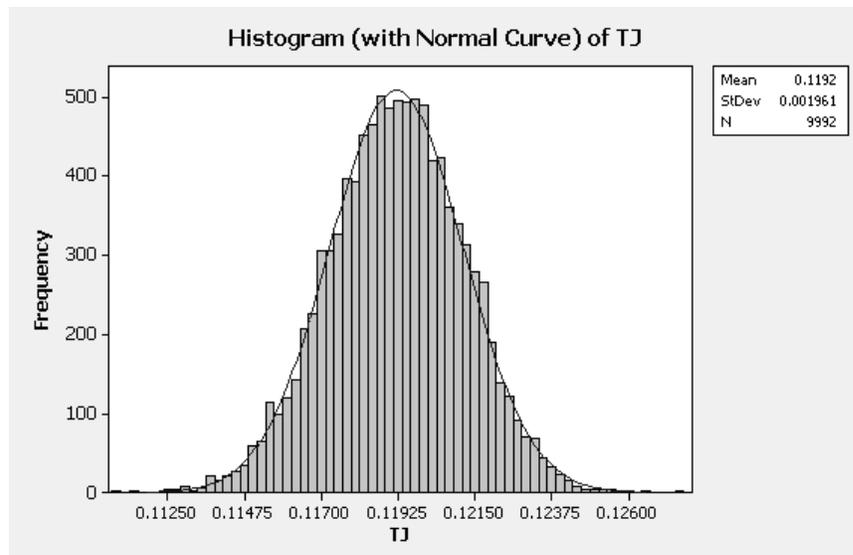
Tabla 3.2 de Medías y desviaciones estándar por producto

No Parte	Media	Desv Std		No Parte	Media	Desv Std
No Parte #17	0.47	0.05		No Parte #16	0.60	0.08
No Parte #18	0.47	0.05		No Parte #7	0.23	0.10
No Parte #8	0.19	0.06		No Parte #10	0.23	0.10
No Parte #9	0.19	0.06		No Parte #11	0.17	0.16
No Parte #1	0.30	0.05		No Parte #12	0.17	0.16
No Parte #2	0.30	0.05		No Parte #13	0.64	0.17
No Parte #3	0.36	0.13		No Parte #14	0.64	0.17
No Parte #4	0.36	0.13		No Parte #5	0.33	0.09
No Parte #15	0.60	0.08		No Parte #6	0.33	0.09

3.2.2 Descripción del análisis de las ecuaciones analíticas.

Utilizando la función *random* (RAND) y la función *normal distribution* (NORMINV) de Excel se hicieron 10,000 réplicas para cada una de las 448 muestras. Hay que recordar que esta demanda es procesada con 8 armadores, 9 soldadores y 3 inspectores. Las ecuaciones del Dr. Suri están hechas para determinar el *lead time* por estación de trabajo. Para nuestro análisis asumimos que existen 9 estaciones de trabajo, por lo que el cálculo de TJ será dividirá entre 9. Con la información obtenida de estas 10,000 réplicas se hizo la gráfica (Fig. 3.2) para observar la distribución normal y se procedió a obtener la media.

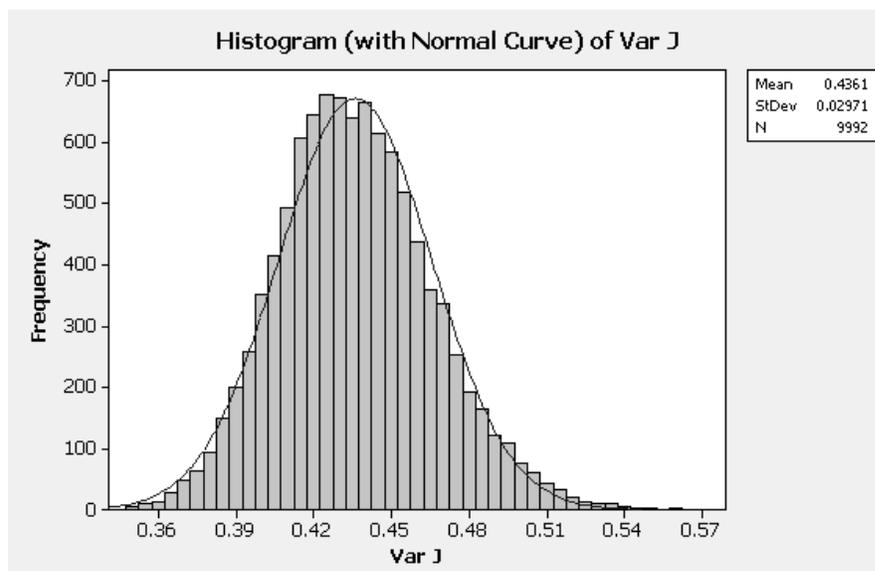
El resultado de TJ fue 0.119 días. La variabilidad del proceso TJ, se calculó de la misma manera obteniendo como resultados varianza de TJ = 0.436 días esto es equivalente a tener una desviación estándar SJ de = 0.6604 días (Fig. 3.3).



Descriptive Statistics: TJ

Variable	Count	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Maximum
TJ	9992	0.11921	0.000020	0.00196	0.11110	0.12754

Fig. 3.2 Distribución Normal de réplicas de TJ

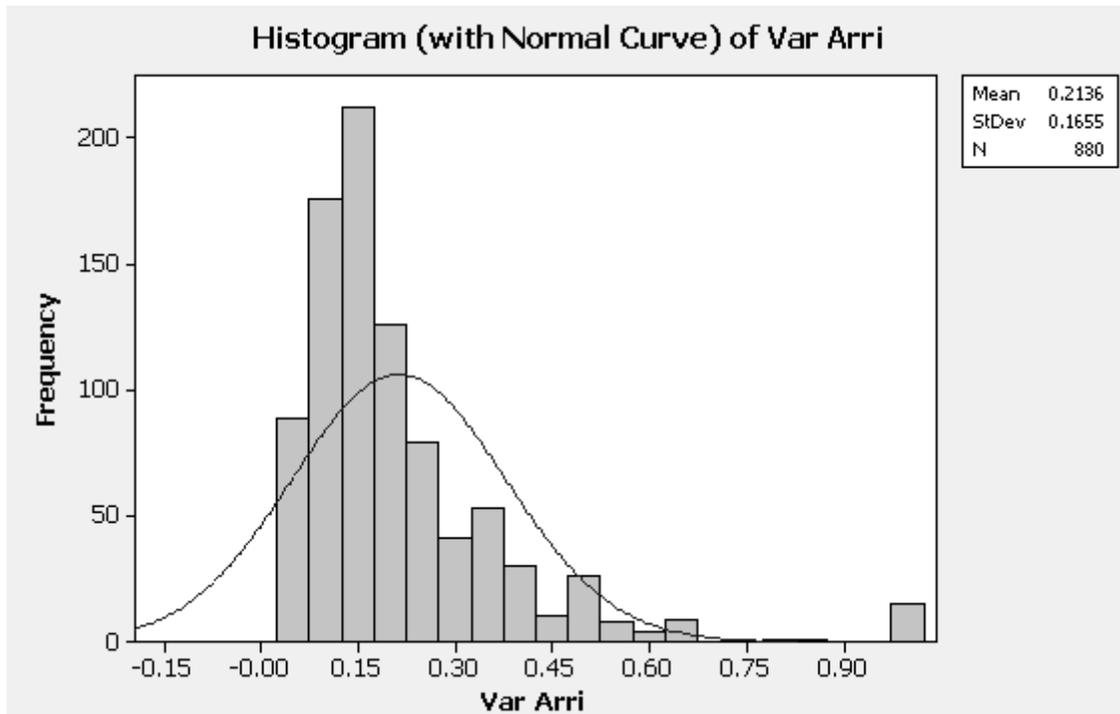


Descriptive Statistics: Var J

Variable	Count	Mean
Var J	9992	0.43613

Fig 3.3 Distribución Normal de réplicas de SJ

Para calcular TA y SA se calculó el promedio de la media y la varianza del histórico de arribos por lote de parte del cliente (esta tabla se puede observar en la sección de anexos Histórico de Órdenes 2010) y se obtuvieron los siguientes resultados:



Descriptive Statistics: Var Arri

Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance
Var Arri	880	0.21364	0.00558	0.16548	0.02738

De acuerdo al análisis $TA = .213$ días y $SA = 0.165$ días. Una vez calculados estos últimos datos hemos obtenido las métricas clave que nos permitirán calcular el tiempo de respuesta.

Tiempo Prom. de Proceso x Lote TJ	Varianza Tiempo de Proceso	Desv Std Proceso SJ
0.119	0.436	0.6604

Tiempo de Arribo x Lote TA	Varianza Frecuencia de Arribos	Desv Std Arribos SA
0.213	0.027	0.165

El siguiente paso es calcular las medidas de desempeño (tiempo de respuesta) de nuestro sistema. Recordando que:

$$U = \text{utilización del centro de trabajo} = T_J / T_A$$

$$VRA = \text{razón de variabilidad entre arribos} = S_A / T_A$$

$$VRJ = \text{razón de variabilidad de tiempo de órdenes de trabajo} = S_J / T_J$$

$$V = \text{Variabilidad total} = VRA^2 + VRJ^2$$

$$M = \text{efecto magnificador de la utilización} = U / (1 - U)$$

$$QT = \text{tiempo promedio de fila de espera de una orden} = (1/2) V * M * T_J$$

$$LT = \text{lead time promedio de una} = QT + T_J$$

(R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*)

Se obtienen los siguientes resultados:

U	VRA	VRJ	V	M	QT	LT Teórico
0.558	0.775	5.540	31.292	1.262	2.354	3.427

Concluimos que el *lead time* teórico para este modelo de acuerdo a las ecuaciones del Dr. Suri es de 3.427 ± 0.45 días con un intervalo de confianza del 95%. Comparándolo con el promedio estadístico del tiempo de respuesta de la muestra de 448 partidas observamos que son muy similares.

<i>Lead time</i> Esperado Real x Lote
3.833±0.19

Como podemos observar el intervalo de confianza al 95% del *lead time* esperado de la operación, se traslapa con el intervalo de confianza del *lead time* esperado, generado por las ecuaciones analíticas del Dr. Suri. Con lo cual queda validado el modelo del Dr. Suri. Esto nos permite concluir que el tiempo de respuesta de un sistema está determinado por el tiempo promedio de proceso de las piezas más el tiempo promedio de fila de espera en el centro de trabajo (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*). Esto es calculado a partir del promedio de tiempos entre arribo, el promedio del tiempo de proceso por lote y sus respectivas variabilidades (desviación estándar).

3.3 Determinación de tamaño de lote ideal

Una vez visto que el modelo del Dr. Suri es una muy buena aproximación para determinar el *lead time* de nuestro proceso es necesario calcular el tamaño de lote que hace que nuestro *lead time* sea mínimo.

En esta etapa del proceso vamos a resolver las ecuaciones del Dr. Suri teniendo como variable el tamaño de lote. Dada la demanda estimada de piezas para un periodo determinado “D” y el número de hrs trabajadas en ese periodo “H” sacamos el tiempo entre arribos como si el tamaño de lote fuera 1 y le llamamos TA1 ($TA1 = H / D$), ver capítulo anterior.

De acuerdo a la demanda del 2011 se deben embarcar 4797 (D) piezas en 293 (H) días hábiles. Hay que recordar que esta demanda es procesada con 8 armadores, 9 soldadores y 3 inspectores. Las ecuaciones del Dr. Suri están hechas para determinar el *lead time* por estación de trabajo. Para nuestro análisis asumimos que existen 9 estaciones de trabajo, por lo que la demanda del periodo por estación es 553 piezas. Resolviendo para TA1 = 0.55 (días).

Recordando lo visto en el capítulo anterior, determinamos el tiempo de arribos para un tamaño de lote variable con la siguiente ecuación: $(TA) = L \times TA1$. Donde L (tamaño de lote) será nuestra variable a controlar, en esta investigación vamos a variar L de 1 a 9 piezas.

Así como calculamos el tiempo entre arribos para lote variable es necesario hacerlo para el tiempo de proceso para tamaño de lote variable (TJ). TSU es el tiempo de *setup* para completar una orden (15 min. o 0.010 días) y TJ1 el tiempo promedio para fabricar una pieza (después del *setup*). TJ1 se calcula con el promedio de las medias por pieza de la Tabla 3.2. lo que nos da como resultado 0.366 días. Ahora obtenemos TJ de la siguiente manera $TJ = TSU + L \times TJ1$.

Una vez obtenidos TA y TJ es necesaria sacar la variabilidad de arribos y tiempo de proceso. Esto lo hacemos utilizando un proceso similar al de la sección anterior. SA se obtiene de la desviación estándar de los arribos por pieza, de la tabla “Rates por Arribo 2011” en la sección de anexos. Esto nos da igual 0.83 días.

En este momento es necesario calcular SJ por pieza. De acuerdo a la tabla 3.2 tenemos todas las desviaciones estándar por pieza de cada uno de los productos. La variabilidad total es la suma de las desviaciones estándar por pieza. Estas desviaciones estándar no se pueden sumar de forma directa. Asumiendo que no existe relación entre cada producto, es decir son eventos independientes, podemos sumar sus varianzas. La desviación estándar de cada número de parte se eleva al cuadrado para obtener su varianza. Una vez hecho esto se suman todas las varianzas y por último aplicamos raíz cuadrada al resultado para convertirlo en desviación estándar. Este resultado nos debe dar 0.29 días.

Hasta este momento hemos calculado:

$$TA1 = 0.55 \text{ días}$$

$$TSU = 0.010 \text{ días (15min)}$$

$$TJ1 = 0.366 \text{ días}$$

$$SA = 0.83 \text{ días}$$

$$SJ = 0.29 \text{ días}$$

$$L = 1 \text{ a } 9 \text{ piezas}$$

Nuestro objetivo es calcular el tamaño de lote que nos genere el menor *lead time*. Para ello requerimos los valores de TA, TJ, SA y SJ y las ecuaciones para calcular el *lead time* (LT). De manera similar a la sección anterior calculamos el *lead time* (LT) para cada tamaño de lote diferente, estos cálculos se pueden ver más a detalle en tabla “Cálculo de

Lote Óptimo 2011” en la sección de anexos. Los resultados de *lead time* (LT) obtenidos en esta prueba son resumidos en la tabla 3.3. En las figura 3.4 presentamos gráficamente cómo el *lead time* es afectado por el tamaño de lote. Recordando la Figura 7-8 del capítulo 2 observamos un comportamiento similar, sin embargo el efecto que provoca el *setup* es muy reducido.

Tabla 3.3 Valores de LT al variar el tamaño de lote

Lote Prom (Variable)	
L (pzas)	LT
1.00	1.54
2.00	1.85
3.00	2.20
4.00	2.56
5.00	2.92
6.00	3.28
7.00	3.64
8.00	4.01
9.00	4.37

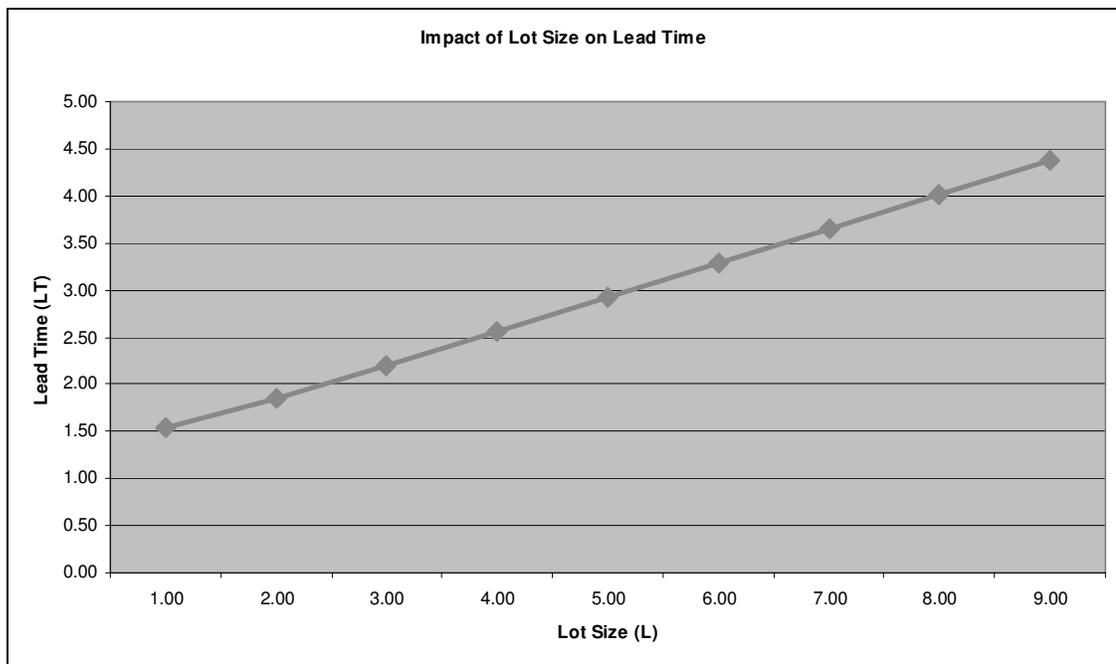


Figura 3.4 Representación Grafica LT vs Tamaño de Lote

En la fig 3.5 apreciamos el impacto de la utilización cuando variamos el tamaño de lote del sistema. La curva de la gráfica guarda una fuerte similitud a aquella vista en la figura 7-7 del capítulo 2.

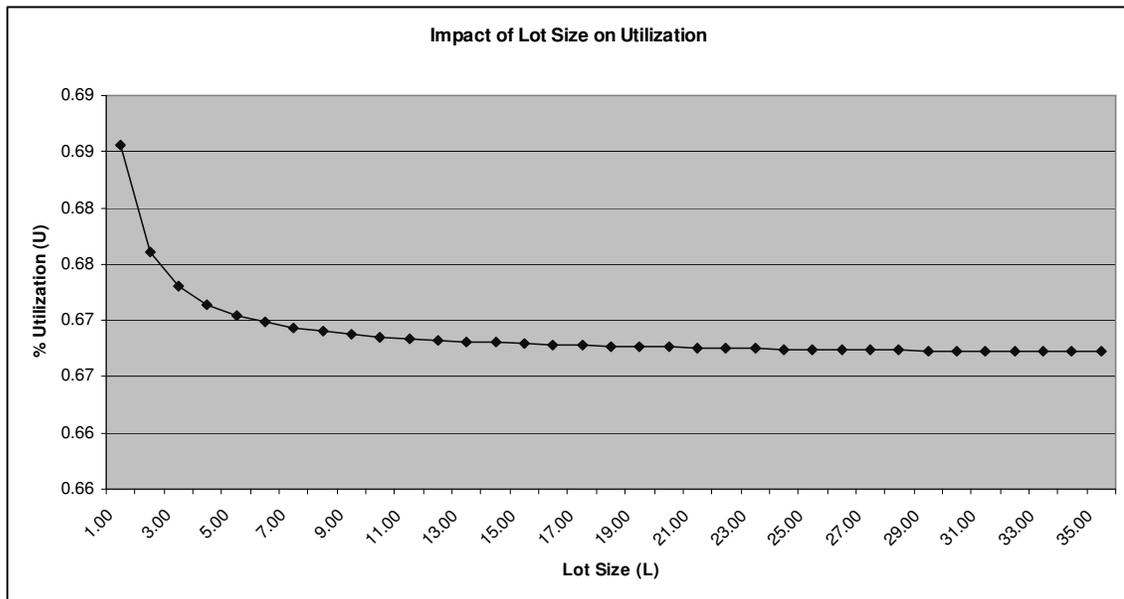


Fig 3.5 Impacto de la utilización con tamaño de lote variable

Capítulo 4 Aplicación del simulador arena para una evaluación global

4.1 Simulador Arena, Introducción

Cuando se requiere determinar que tamaño de lote a utilizar en compañías que procesan múltiples productos, el uso de las fórmulas del Dr. Suri vistas en el capítulo anterior se torna muy complicado. En algunas de estas situaciones todavía es posible analizar y hacer cálculos como los realizados en el capítulo anterior. Sin embargo en plantas más grandes con docenas de centros de trabajo y cientos de productos esto puede volverse una tarea muy complicada. Incluso después de crear celdas de trabajo se puede encontrar que el análisis de una sola celda puede volverse una tarea difícil cuando se procesan en muchas máquinas múltiples productos. La complejidad se incrementa cuando se quiere modelar el impacto de fallas de máquinas, interacciones hombre-máquina, retrabajos, *scrap* y otros problemas prácticos.

En estos casos los administradores deben de recurrir a otros *software* comerciales basados en teorías de colas, incluso más complejas que las usadas y expuestas por el Dr. Suri. Estos paquetes proveen de respuestas rápidas relativas a otros sistemas de planeación. A esta tecnología se le llama tecnología de rápida modelación. Esta metodología (RMT por sus siglas en inglés) es mucho más simple y rápido que otros métodos de simulación y puede ser utilizadas para compañías que buscan reducciones en el *setup* y tamaños de lote; así como determinar buenas políticas operativas para capacidad y tamaños de lote (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

El software Arena, de Rockwell Automation es una herramienta muy versátil y poderosa en su versión profesional que nos ayuda a modelar muchos tipos de ambientes entre ellos ambientes de manufactura, empaquetado, cadenas de valor, hospitales, estrategias militares, *call centers* etc. Es un software amigable y de fácil aprendizaje. En esta Tesis se decide utilizarlo debido a que la versión estudiantil es de uso gratuito aunque limitado en la cantidad de entidades que se pueden simular. Siendo un trabajo de tesis de maestría no existe conflicto en utilizarlo.

4.2 Introducción a la operación del modelo

Debido a que la experimentación en un ambiente real de manufactura en este caso no es posible, se decide construir un modelo en el software Arena para simular y registrar los efectos del *lead time* al variar el tamaño de lote. Las decisiones de cambiar el tamaño de lote no son exclusivas de la empresa en este caso O'neal. El cliente debe estar de acuerdo y lo estará siempre y cuando le represente beneficios concretos.

Como se explicó en la sección anterior el Dr. Suri recomienda la simulación como herramienta para mostrar la interacción entre los diferentes procesos, máquinas y personas. También existe la posibilidad de modelar otras variables como lo son el *scrap* y el reproceso. Esto permite visualizar detalles que no pueden ser vistos con las ecuaciones analíticas.

En la figura 4.1 se muestra el ambiente virtual del modelo en el software Arena. Recordando el diagrama de flujo de la Fig. 3.1 del capítulo anterior, este sistema consta de 3 procesos: Armado, Soldadura y Liberación. En esta línea de producción laboran 20 operadores en 3 turnos; el desempeño de cada uno de ellos es distinto. A estos operadores les llamaremos “recursos”. El comportamiento (desempeño) de estos recursos está gobernado por una matriz en el software ordenada por nombre del recurso, tipo de proceso y por número de parte. Cada recurso procesa los componentes de acuerdo a esta matriz. La información de esta matriz está contenida en la sección de anexos (Media y Desviación estándar por operador por producto) y fue obtenida con la media y desviaciones estándar del tiempo de proceso de cada unos de los 20 operadores con los 18 números de parte distintos en el periodo de Agosto a Diciembre del 2010.

Es importante recordar que la estación de armado es el único proceso que trabaja por lote, debido a que se cuenta con solo una plantilla de armado para cada número de parte. Una vez que el recurso en la estación de armado procesa un lote de piezas, debe terminarlo. En las siguientes estaciones el flujo es FIFO y por pieza.

Además de la variabilidad en el tiempo de arribos y de proceso el modelo tiene una característica adicional. Dentro del proceso de liberación, el inspector puede rechazar una pieza y regresarla a la estación de soldadura para ser retrabajada. De acuerdo a un análisis de los rechazos del periodo Agosto a Diciembre del 2010 se encontró que la tasa es de

17%, con media de 100 min. y desviación estándar de 94min. Esta tabla se encuentra la sección de anexos (Rechazos internos Ago – Dic 2010).

A continuación se explica cada uno de los módulos que componen el modelo de simulación para representar la línea de producción:

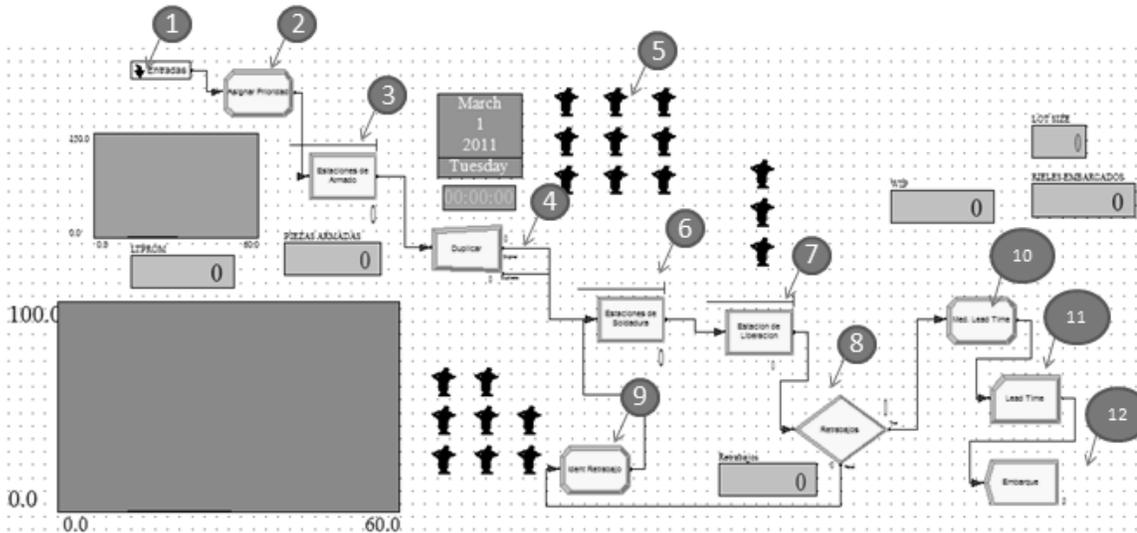


Fig. 4.1 Modelo de simulación.

1. Entradas. Este módulo representa un *submodel*, Es aquí donde la demanda es generada de acuerdo al plan de producción generado por el cliente.
2. Asignar Prioridad. El módulo siguiente es un *Assign* es aquí donde se le dan 3 atributos a cada entidad. Como se podrá ver más adelante los atributos factor y prioridad determinan el orden y el tiempo que deberán permanecer los productos en la estación de soldadura si fuesen rechazados. También se le asigna un atributo “*Arrival Time*” para grabar el tiempo en que las entidades entran al sistema.
3. Estaciones de Armado. El siguiente módulo es un *Process*, y representa a la estación de armado. Los recursos que utiliza ese módulo es un *set* de 8 armadores. Cada uno de ellos tiene un comportamiento determinado con cada entidad que ingresa al sistema. Esto está controlado por dos matrices que representan la media y desviación estándar para cada número de parte por recurso. Por medio de

un Schedule se logró simular los 3 turnos de esta estación. En esta estación se procesan los *kit* de materiales; se realiza un *setup* por cada lote de 15 min (cambio de plantilla) y una vez que el armador empieza a fabricar un lote este no puede intercambiar piezas con otros compañeros armadores. La limitante física es que existe solo una plantilla para cada número de parte.

4. Duplicar. Una vez que el lote completo se encuentra armado este debe continuar a la estación de soldadura. Por medio de este módulo *separate*, las entidades se duplican para simular que el lote se separa y que cada una de estas piezas pueda ser soldada por cualquiera de los 3 soldadores que se encuentran en ese turno.
5. Recursos. Estas figuras representan a cada uno de los 20 operadores, estos se activan dependiendo del turno (hora del día) en el que se encuentre la simulación.
6. Estaciones de Soldadura. Al igual que los armadores los soldadores tienen un comportamiento específico con cada número de parte. Existen 9 soldadores organizados en un *set*, cuyas medias y desviaciones estándar por producto y por soldador están descritos en 2 matrices en la sección de variables. Los soldadores toman las piezas de acuerdo a su disponibilidad en un orden FIFO, sin embargo es posible que estas regresen a la estación de soldadura si las piezas requieren reproceso. Estas tienen mayor prioridad que las demás y deben ser procesadas una vez que una estación esté disponible.
7. Estación de Liberación. Por último los ensambles terminados pasan a la estación de liberación o inspección. Es aquí donde los inspectores determinan si las piezas cumplen con las especificaciones de cliente. De no ser así éstas regresan a la estación de soldadura con prioridad número 1.
8. Retrabajos. El siguiente modulo es un *decide*. Este nos permite simular la tasa de rechazo del sistema. De acuerdo a un análisis realizado la tasa de rechazos real es del 17%. En la tabla de anexos se encuentra este análisis.

9. Ident. Retrabajo. En este modulo *assign* se asigna un valor de prioridad para darle más importancia a estas entidades que a las demás. Además se les asigna un factor para simular que estas piezas tardan menos que las otras. Este factor fue calculado de acuerdo al promedio de tiempo invertido en rechazos, y se puede encontrar en los anexos.
10. Med. *Lead Time*. Este modulo *assign* permite llevar la estadística del *lead time* promedio del sistema.
11. *Lead Time*. El modulo *record* permite llevar estadísticas adicionales para graficar y hacer análisis de confianza en el software “*output analyzer*” que viene junto con Arena.

4.3 Función Objetivo

Existen tres medidas de desempeño de interés para esta operación como se muestran a continuación:

1. El tamaño de lote que minimice el *lead time* promedio del sistema.
2. El tamaño de lote que nos ofrece más producto terminado.
3. El tamaño de lote que minimice el WIP promedio en el sistema.

Se hicieron corridas para cada medida de desempeño. En la sección 4.11 se mostrará que el tamaño de lote óptimo es común para las tres funciones objetivo.

4.4 Variables de Control en Optquest

Una vez calculado el periodo de *warmup* y la longitud de la simulación podemos iniciar a programar en Optquest. Primero es necesario definir las variables de control, en este experimento nos interesa analizar la respuesta del sistema al someterlo a diferentes tamaños de lote. **Nuestra variable de control será pues el tamaño de lote.**

Los experimentos serán hechos de forma aleatoria y el *software* tomará números enteros del 1 al 9 como variable de control. Por construcción, este sistema no cuenta con variables de ruido o restricciones.

4.5 Variables de salida, Respuesta del sistema.

Una vez establecida nuestra variable de control es necesario seleccionar las variables de salida que deseamos analizar en cada experimento. Estas serán:

1. La respuesta del *lead time* promedio para cada uno de los distintos tamaños de lote.
2. La cantidad de piezas fabricadas al terminar la simulación para cada uno de los distintos tamaños de lote.
3. La cantidad de piezas que se encuentran en el sistema en promedio (WIP).

4.6 Análisis de Periodo Transitorio

Antes de iniciar las réplicas es necesario analizar los períodos transitorios de cada uno de los experimentos al variar el tamaño de lote. Cada simulación es diferente y se estabiliza en diferentes momentos del tiempo. Para calcular el período transitorio de cada simulación iniciamos con un tiempo de *warmup* = 0 y con una longitud de simulación de 3000 hrs (125 días). Iniciamos con un ejemplo considerando un tamaño de lote igual a 4 piezas. En la Fig. 4.2 se presenta la respuesta del *lead time* promedio contra el tiempo cuando utilizamos este tamaño de lote. Visualmente observamos los diferentes estados por los cuales pasa el *lead time* promedio. Durante la simulación observamos que el sistema se estabiliza después de 60 días de iniciada la simulación.

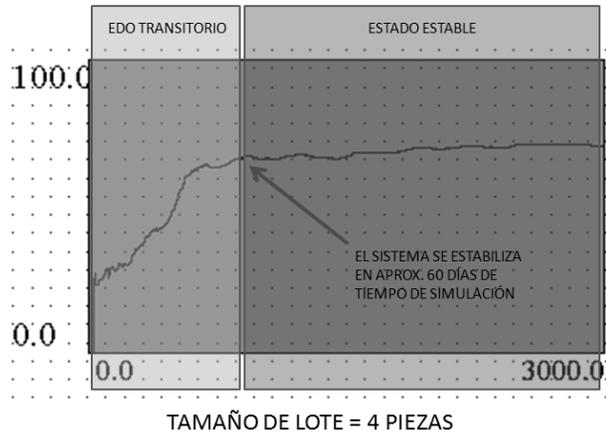


FIG 4.2

Es necesario repetir este ejercicio para cada uno de los diferentes tamaños de lote. Con la información obtenida en cada uno de estos experimentos construimos la tabla 4.1 donde observamos el *lead time* en estado estable y el tiempo en días requeridos para que el sistema alcance este valor. Es necesario tomar el tiempo de *warm up* más grande para que en cualquier experimento la información estadística se genere en estado estable.

Tabla 4.1

	<i>WarmUp</i> Días	LT en Estado Estable
Sit. Actual	42	82
Lote 1	43	33
Lote 2	58	42
Lote 3	53	52
Lote 4	59	66
Lote 5	69	82
Lote 6	58	95
Lote 7	61	105
Lote 8	69	123
Lote 9	73	135

De la tabla 4.1 podemos concluir que el tiempo de *warmup* debe ser de por lo menos 73 días en la simulación, es decir 1752 horas. Lo redondeamos a números enteros y

dejamos un tiempo de *warmup* de 1800 hrs (75 días). Como queremos simular un mes de producción (27 días hábiles o 648 horas) en estado estable la longitud de nuestra simulación deberá ser de 2448 horas.

4.7 Análisis de intervalos de confianza del *lead time* para calcular el número de réplicas.

Para que el análisis este completo es necesario seleccionar el número de replicas adecuado. El software genera información de los intervalos de confianza con un nivel de significancia del 5%. Se analizó la información de estos intervalos de confianza para 25 réplicas. En la tabla 4.2 se resume el intervalo de confianza calculado para cada número de parte para cada simulación (Tamaño de lote 1 a tamaño de lote 9). A consideración del investigador 25 réplicas ofrecen suficiente precisión para modelar esta situación.

Tabla 4.2

Average Halfwidth										
No Parte	Sit Actual	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	Lote 5	Lote 6	Lote 7	Lote 8	Lote 9
No Parte #1	2.29	1.18	1.68	2.17	1.96	2.84	2.57	2.63	3.54	4.46
No Parte #2	2.13	1.23	1.57	2.22	2.39	2.78	2.62	4.70	5.45	4.18
No Parte #3	3.06	1.54	1.77	2.08	3.09	2.12	3.20	4.01	3.91	6.10
No Parte #4	2.92	1.21	2.13	2.20	2.88	2.51	2.69	3.82	4.85	5.37
No Parte #5	2.07	1.29	1.90	3.38	2.66	2.51	4.02	4.76	6.98	4.90
No Parte #6	2.07	1.74	1.44	2.03	2.58	3.00	4.49	4.94	6.97	6.28
No Parte #7	1.97	1.00	1.56	1.45	1.86	1.96	2.96	2.41	4.22	4.20
No Parte #8	2.00	0.99	1.07	1.50	1.51	2.16	2.48	2.75	2.90	4.36
No Parte #9	1.50	0.77	1.12	1.51	1.87	2.34	1.97	2.63	3.07	4.14
No Parte #10	2.66	1.02	1.15	1.51	1.88	2.26	2.17	2.46	3.74	5.45
No Parte #11	2.57	1.19	1.60	1.33	1.49	3.44	2.72	2.59	6.45	4.54
No Parte #12	3.31	1.43	1.28	2.42	2.17	3.27	2.72	3.83	6.30	5.27
No Parte #13	4.02	3.06	2.85	1.99	4.58	8.71	5.19	8.27	11.72	9.85
No Parte #14	4.19	2.19	2.85	3.06	5.59	5.23	7.25	7.41	7.99	10.94
No Parte #15	2.32	2.00	2.10	2.27	2.65	2.83	2.25	4.32	4.51	5.10
No Parte #16	2.56	1.35	1.78	2.73	2.11	3.09	2.03	2.82	3.54	4.94
No Parte #17	2.17	1.30	2.03	1.84	2.50	2.51	3.89	2.67	3.49	5.89
No Parte #18	2.66	1.78	1.55	2.18	2.50	2.02	2.21	3.93	4.24	5.10

4.8 Modelación del Proceso en 2010.

Para poder comparar el *lead time* observado en las 448 muestras vistas en el capítulo anterior y los cálculos teóricos vistos en las ecuaciones del Dr. Suri; se decide correr una simulación utilizando la demanda del 2010. La demanda por día y por pieza se encuentra en la tabla de anexos *Rates* por arribo 2010. Para iniciar a modelar la situación actual empezamos determinando el tiempo de *warmup* requerido para que el sistema se estabilice y poder tomar mediciones. Para ello hacemos una corrida de prueba con *warmup* = 0 hasta 3000 horas. Observamos que a partir del día 28 en la simulación (672 hrs) de LT el sistema llega a un equilibrio. Dado que los otros modelos de tamaño de lote variable se estabilizaban en 1800 hrs (75 días). Después de transcurridas estas 1800 hrs (marcado en rojo de la figura 4.3) el sistema corre por otras 648 hrs adicionales para simular un mes de producción de 27 días hábiles. Observamos en esta réplica que la cantidad de piezas terminadas fueron 437 y existió un *lead time* promedio de 83 hrs.

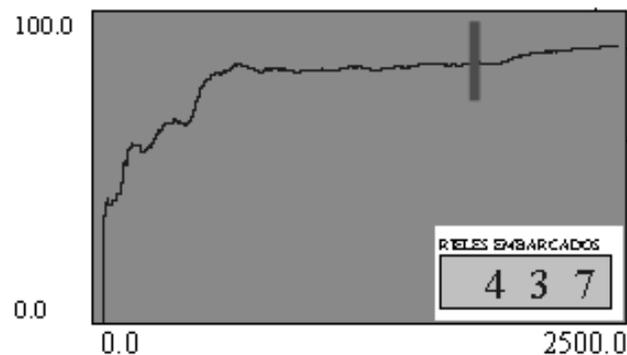


Fig. 4.3

Una vez determinado el tiempo requerido para el *warmup* se preparó la simulación para que corriera 25 réplicas y obtuviera información estadística del comportamiento del *lead time*. Terminadas estas réplicas se utilizó el software *output analyzer* de Arena para analizar la información estadísticamente. Como se aprecia en la Fig. 4.4, la media de *lead time* bajo estas condiciones fue de 3.37 días (80.8 hrs) con un intervalo de confianza de ± 0.554 y una desviación estándar de 1.38 días (33.9 hrs). En las Fig. 4.5 observamos el histograma de frecuencias de las 25 réplicas.

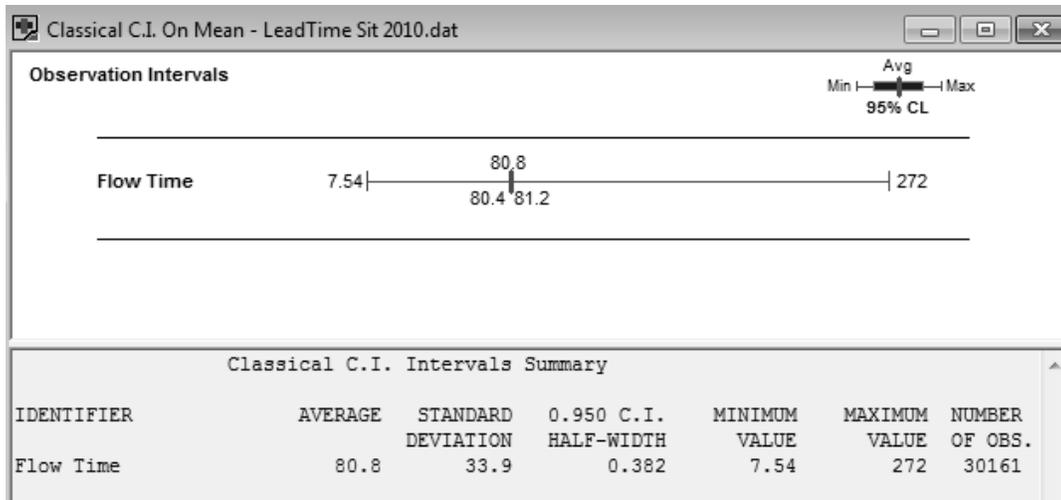


Fig. 4.4

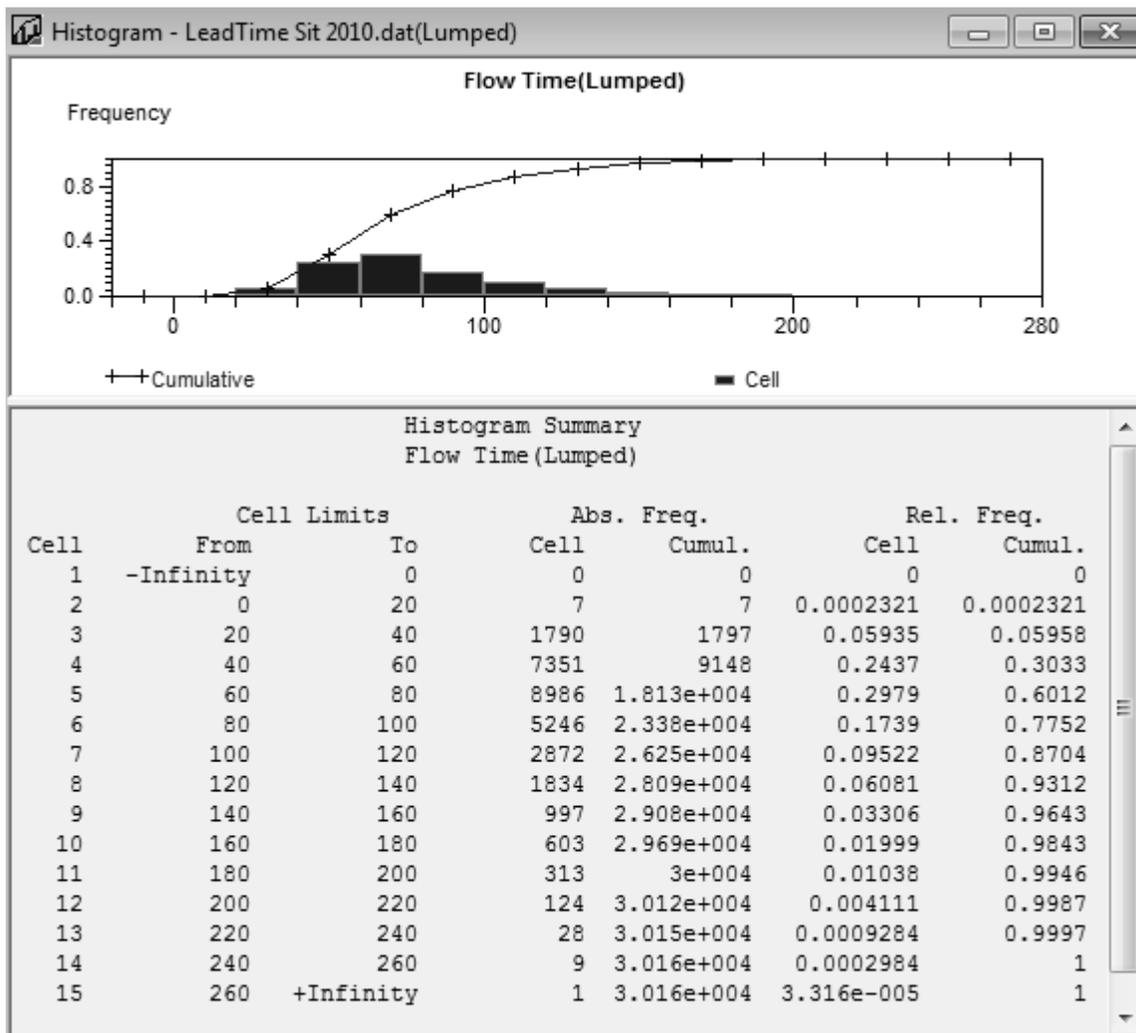


Fig. 4.5

4.9 Validación del Modelo de Simulación

Para demostrar que el modelo de simulación es representativo de la realidad se decidió realizar una prueba de intervalos de confianza al 95% entre el *lead time* encontrado con el modelo de simulación y el proceso real. Siendo 3.833 días con un intervalo de confianza de ± 0.19 días el *lead time* calculado en base al muestreo realizado procedemos a validar esta hipótesis. A continuación se muestra el análisis realizado en el *software* Minitab. El resultado obtenido para el valor esperado de *lead time* en el modelo de simulación es de 3.37 ± 0.554 días con un intervalo de confianza del 95%. Observamos que los límites de los intervalos de confianza incluyen el valor de 3.83. Aceptamos la hipótesis de que el *software* obtiene el valor de la media del análisis real en condiciones normales de operación. Además observamos que el valor de *lead time* calculado con las ecuaciones de QRM (3.427) también está incluido en este intervalo.

One-Sample Z						
Test of mu = 3.833 vs not = 3.833						
The assumed standard deviation = 1.4125						
N	Mean	SE Mean	95% CI	Z	P	
25	3.370	0.283	(2.816, 3.924)	-1.64	0.101	

Podemos observar que el promedio estadístico (3.833 días) cae dentro del intervalo de confianza del modelo de simulación, por lo que aceptamos la hipótesis de que la media de nuestra realidad cae en este intervalo un 95% de las ocasiones.

4.10 Modelación de LT con tamaño de lote variable.

Una vez hecha la simulación de la situación actual, procedemos a utilizar el mismo simulador pero con un tamaño de lote variable y las demandas del 2011. Para ello vamos a utilizar la herramienta del *software* Arena llamada OptQuest. Esta herramienta nos permite, de manera rápida, simular diferentes escenarios de producción al seleccionar

variables de control y analizar las respuestas o comportamientos del sistema. Analizar cada escenario de manera separada nos puede llevar hasta dos horas, pero con este *software* la tarea se hace en 10 min. Sin embargo es requerido alimentar esta herramienta con los parámetros adecuados para que funcione correctamente en cada una de las 9 simulaciones a realizar.

4.11 Experimentación

Hasta el momento hemos calculado:

- El tiempo de *warmup* requerido para sobrepasar el período transitorio
- La longitud (*length*) de tiempo de la simulación
- Variables de Control = Tamaño de Lote
- Variables de Respuesta = *Lead Time* y Piezas fabricadas
- Hemos determinado la función objetivo = Min LT y Max Piezas producidas.
- El número de réplicas adecuado para que el intervalo de confianza sea pequeño en comparación de la media.

Ahora tenemos todo lo necesario para iniciar la simulación en Optquest. Corremos la simulación y se obtiene los siguientes resultados:

En la fig. 4.6 observamos el comportamiento del *lead time* cuando se varía el tamaño de lote en el sistema. Vemos que la solución óptima es el tamaño de lote de 1 pieza. Los valores de *lead time* (*Objective Value*) están expresados en horas.

Best Solutions **Optimal solution found.**

Best Solutions					
	Select	Simulation	Objective Value	Status	Lot Size
▶	<input checked="" type="checkbox"/>	1	31.102043	Feasible	1
	<input checked="" type="checkbox"/>	6	43.219324	Feasible	2
	<input checked="" type="checkbox"/>	5	56.634825	Feasible	3
	<input checked="" type="checkbox"/>	8	70.459530	Feasible	4
	<input checked="" type="checkbox"/>	2	82.512003	Feasible	5
	<input checked="" type="checkbox"/>	9	96.890935	Feasible	6
	<input checked="" type="checkbox"/>	4	112.544795	Feasible	7
	<input checked="" type="checkbox"/>	7	123.427252	Feasible	8
	<input checked="" type="checkbox"/>	3	144.929041	Feasible	9

Fig. 4.6

En la figura 4.7 observamos las piezas producidas y embarcadas en cada uno de los escenarios. Podemos observar que no es mucha la diferencia de un escenario a otro y se encuentra en un promedio de 429 piezas por mes.

Best Solutions **Optimal solution found.**

Best Solutions					
	Select	Simulation	Objective Value	Status	Lot Size
▶	<input type="checkbox"/>	3	439.320000	Feasible	9
	<input type="checkbox"/>	4	436.480000	Feasible	7
	<input type="checkbox"/>	1	429.920000	Feasible	1
	<input type="checkbox"/>	9	429.680000	Feasible	6
	<input type="checkbox"/>	6	428.800000	Feasible	2
	<input type="checkbox"/>	7	425.440000	Feasible	8
	<input type="checkbox"/>	8	424.640000	Feasible	4
	<input type="checkbox"/>	5	423.880000	Feasible	3
	<input type="checkbox"/>	2	422.800000	Feasible	5

Fig. 4.7

Dados los resultados anteriores se decide correr otro experimento cuya función objetivo es minimizar el WIP (*work in process*) promedio del sistema. Vemos que la mejor opción es nuevamente el tamaño de lote de 1 pieza.

Best Solutions **Optimal solution found.**

Best Solutions					
Select	Simulation	Objective Value	Status	Lot Size	
<input checked="" type="checkbox"/>	1	21.432738	Feasible	1	
<input type="checkbox"/>	6	22.779258	Feasible	2	
<input type="checkbox"/>	5	26.296269	Feasible	3	
<input type="checkbox"/>	2	27.926318	Feasible	5	
<input type="checkbox"/>	8	29.729281	Feasible	4	
<input type="checkbox"/>	9	31.785945	Feasible	6	
<input type="checkbox"/>	4	36.486610	Feasible	7	
<input type="checkbox"/>	7	41.640507	Feasible	8	
<input type="checkbox"/>	3	50.457626	Feasible	9	

Fig. 4.8

4.12 Información estadística adicional

En la figura 4.9 apreciamos los valores promedio de las piezas fabricadas por número de parte obtenido después las 25 réplicas. Se puede observar que de un experimento a otro el *lead time* se incrementaba con el tamaño de lote. Sin embargo la mezcla de piezas fabricadas permaneció casi constante.

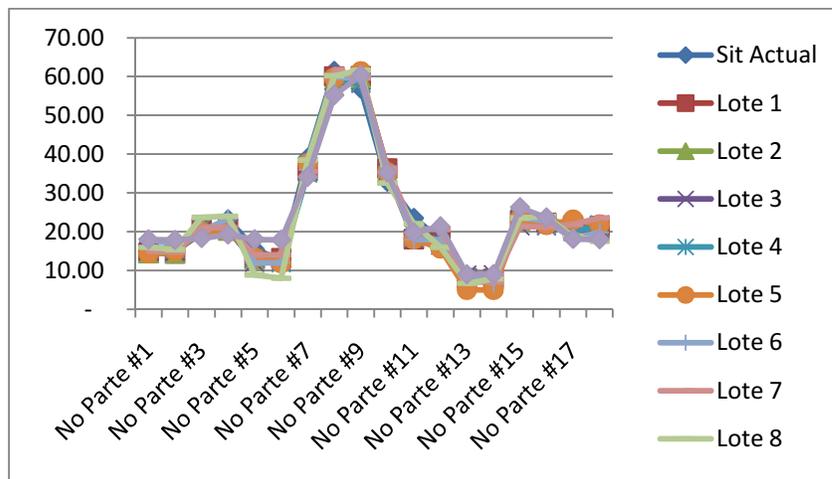


Fig . 4.9

Capítulo 5 Análisis de Resultados

5.1 Comparación de *lead time* de ciclo real vs *lead time* con otras metodologías.

Hasta este momento hemos calculado y analizado el comportamiento del *lead time* con 3 acercamientos diferentes:

- Análisis estadístico de una muestra de 448 embarques durante el período de Enero a Septiembre del 2010.
- Análisis por medio de las ecuaciones analíticas de *lead time* descritas en el capítulo 7 del libro del Dr. Rajan Suri, *Quick Response Manufacturing* con la tasa de arribos del 2010
- Análisis con el simulador Arena de la línea de producción utilizando la tasa de arribos del 2010.

En la tabla 5.1 se muestra un resumen de la información obtenida con cada uno de estos 3 análisis. Observamos que los resultados son muy similares sobre todo en los análisis teóricos de QRM y la simulación en Arena.

Tabla 5.1 Resumen del *lead time* calculado.

Lead Time calculado para 2010		
Analisis	Ecuaciones	Software
Estadístico	QRM	ARENA
3.833	3.427	3.367

Concluimos que tenemos una diferencia en la media del *lead time* real de alrededor de 0.436 días, comparado con las otras 2 metodologías. Esta diferencia puede ser atribuible a algunos factores que no fueron considerados en el análisis teórico y de simulación. Estos factores pueden ser:

- Desabasto en componentes debido a materiales incompletos.
- Componentes con defectos que se hayan tenido que intercambiar.
- Personal de nuevo ingreso o con productividad distinta a la analizada.
- Piezas que no pudieron ser reprocesadas y pasaron directamente a *scrap*.

- Factores atribuibles al personal (vacaciones, bajas en productividad, faltas).
- Utilización del personal para satisfacer otras prioridades fuera de la línea.

Si bien estadísticamente demostramos que fuesen iguales la simulación y el análisis real. Podemos concluir que, un acercamiento por medio de las ecuaciones del Dr. Suri o un acercamiento con *software* de simulación pueden determinar con un margen de error aceptable el *lead time* de este proceso. El cual puede ser utilizado para efectos de planeación de personal, estaciones de trabajo y cambios en la demanda.

5.2 Diferencias encontradas entre la simulación y las ecuaciones teóricas.

Una vez que hemos comprobado que las ecuaciones teóricas del Dr. Suri y el análisis con *software* de simulación nos pueden dar una buena aproximación del comportamiento real del *lead time* en esta línea de ensamble, podemos validar los experimentos realizados con estas herramientas para encontrar el tamaño de lote ideal. Cabe recordar que a diferencia de la prueba anterior; los análisis para tamaño de lote variable fueron hechos con la tasa de demanda del 2011 que es muy distinta que la del 2010 (es mayor).

En la tabla 5.2 apreciamos los resultados obtenidos cuando variamos el tamaño de lote con cada una de las herramientas descritas en los capítulos anteriores.

Lote Prom (Variable)	LEAD TIME	LT
L (pzas)	Ec. QRM	Arena
1.00	1.54	1.30
2.00	1.85	1.80
3.00	2.20	2.36
4.00	2.56	2.94
5.00	2.92	3.44
6.00	3.28	4.04
7.00	3.64	4.69
8.00	4.01	5.14
9.00	4.37	6.04

Tabla 5.2, resultados del *lead time* con diferentes lotes de producción.

Si estos resultados los graficamos obtenemos un comportamiento descrito en la fig. 5.1. Podemos observar que aunque los 2 modelos muestran resultados similares utilizando como tamaño de lote de 1 a 3 piezas. A partir de un tamaño de lote igual a 4 los resultados empiezan a variar y las tendencias se empiezan a separar.

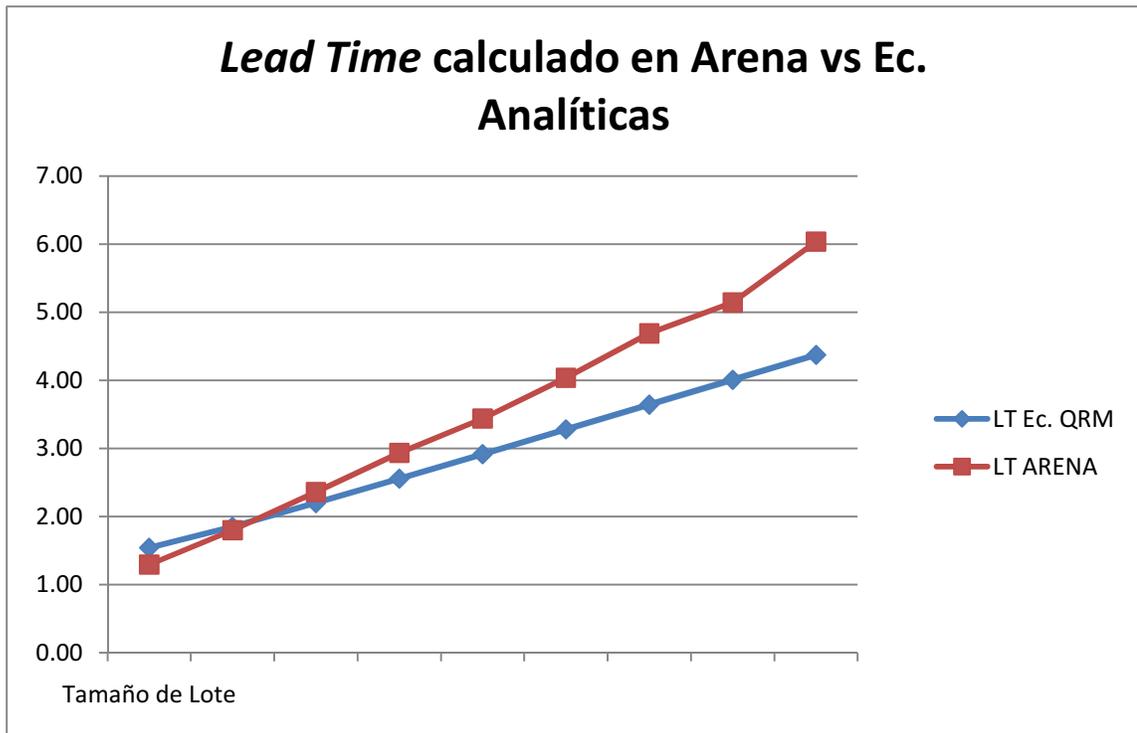


Fig. 5.1 Lead time calculado en Arena vs ecuaciones analíticas de QRM

En el capítulo anterior notamos como la complejidad del análisis por medio de las ecuaciones del Dr. Suri se incrementa cuando queremos modelar de manera analítica otro tipo de variables que afectan el *lead time*, como fallas de máquinas, interacciones hombre-máquina, tasa de retrabajos, tasa de *scrap*, etc. Esto puede ser una de la causas por lo que las respuestas de los dos modelos parece alejarse a medida que se incrementa el tamaño de lote.

La única diferencia importante entre cada uno de los modelos es el hecho que en el modelo elaborado en el *software* Arena estamos considerando una tasa de retrabajo del 17%. Cosa que no consideramos en las ecuaciones teóricas. Si deseáramos compensar el efecto ocasionado por esta tasa de retrabajos lo podemos de la siguiente manera:

El diagrama de flujo mostrado en la fig. 5.2 corresponde a la estación de liberación o inspección de proceso. El producto es aceptado en un promedio de 83% de las veces. El resto se regresa a la línea a ser retrabajado.

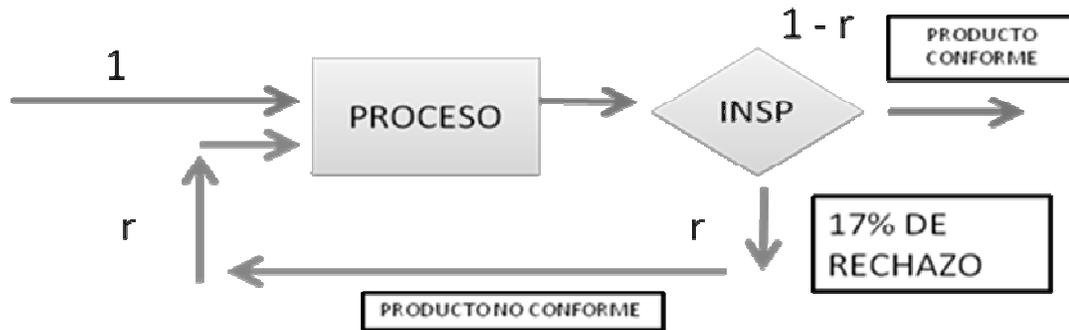


Fig. 5.2 Diagrama de Flujo, rechazos de calidad

Siendo r la probabilidad de rechazo; para calcular el tiempo total que una pieza es reprocesada k veces, siendo que k tiende a infinito es necesario realizar el siguiente experimento:

Número de Experimento	Entrada al Proceso	Salida del Proceso
1	1	$(1 - r)$
2	r	$2 r (1 - r)$
3	r^2	$3 r^2 (1 - r)$
4	r^3	$4 r^3 (1 - r)$

La salida del proceso (tiempo total) es la suma de la salida de todos los experimentos realizados hasta k veces. Si este experimento lo hacemos infinitas veces observaremos que la ecuación que representa la salida de este sistema es:

$$\sum_{k=1}^{\infty} k \cdot r^{(k-1)} \cdot (1 - r)$$

Esta es una serie geométrica cuyo resultado es:

$$\frac{1}{1-r} = \frac{1}{1-.17} = 1.2048$$

Este factor lo utilizamos para compensar el efecto del retrabajo cuando utilizamos las ecuaciones analíticas para determinar el verdadero *lead time*. El resultado se observa en la tabla 5.3

Lote Prom (Variable)	LEAD TIME	Lead Time con ajuste de
L (pzas)	Ec. QRM	Retrabajos
1.00	1.54	1.86
2.00	1.85	2.23
3.00	2.20	2.65
4.00	2.56	3.08
5.00	2.92	3.51
6.00	3.28	3.95
7.00	3.64	4.39
8.00	4.01	4.83
9.00	4.37	5.27

Tabla 5.3 *lead time* con factor de compensación de retrabajos.

De esta manera podemos volver a graficar las respuestas que obtenemos al variar el tamaño de lote en el simulador y las ecuaciones analíticas, fig. 5.3. Una vez compensado el efecto del retrabajo en las ecuaciones de QRM el resultado es evidente. Dentro del intervalo analizado (tamaño de lote 1 a tamaño de lote 9) pareciera que las dos metodologías son comparables, es necesario hacer una prueba de intervalos de confianza para validar esto.

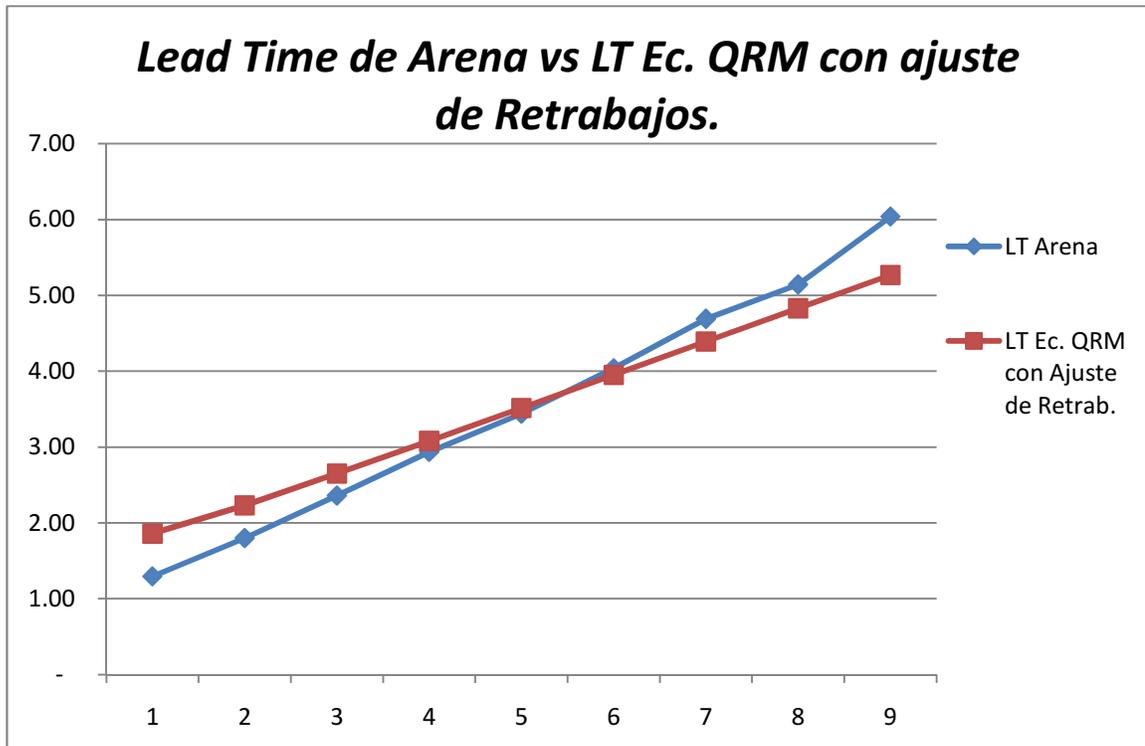


Fig. 5.3 Grafica de LT simulador vs LT con ecuaciones analíticas más retrabajo.

5.3 Comparación del modelo de simulación y las ecuaciones analíticas.

Para comparar estadísticamente los modelos es necesario graficar los datos obtenidos anteriormente con los intervalos de confianza de cada uno de los experimentos realizados. En las fig. 5.4 y 5.5 se observan las medias y los intervalos de confianza para cada uno de los experimentos con diferentes tamaños de lote:

Tam. Lote	IC Min Ec	LT Ec	IC Max Ec
1	1.08	1.86	2.64
2	1.68	2.23	2.78
3	2.20	2.65	3.10
4	2.69	3.08	3.47
5	3.16	3.51	3.86
6	3.63	3.95	4.27
7	4.09	4.39	4.69
8	4.55	4.83	5.11
9	5.01	5.27	5.53

Tabla 5.4 Lead Time Ecuaciones Analíticas con I.C.

Tam. Lote	IC Min Ar	LT Arena	IC Max Ar
1	1.01	1.30	1.59
2	1.43	1.80	2.17
3	1.90	2.36	2.82
4	2.38	2.94	3.50
5	2.77	3.44	4.11
6	3.30	4.04	4.78
7	3.28	4.71	5.60
8	4.18	5.13	6.08
9	4.95	6.04	7.13

Tabla 5.5 *Lead Time* Arena con I.C.

En la Fig. 5.4 podemos apreciar la comparación de estos modelos utilizando ahora los intervalos de confianza. En color rojo y azul fuerte apreciamos el *lead time* promedio con cada uno de los experimentos (esto lo habíamos apreciado en la fig. 5.3), en color más tenue observamos los intervalos de confianza para cada experimento respectivamente.

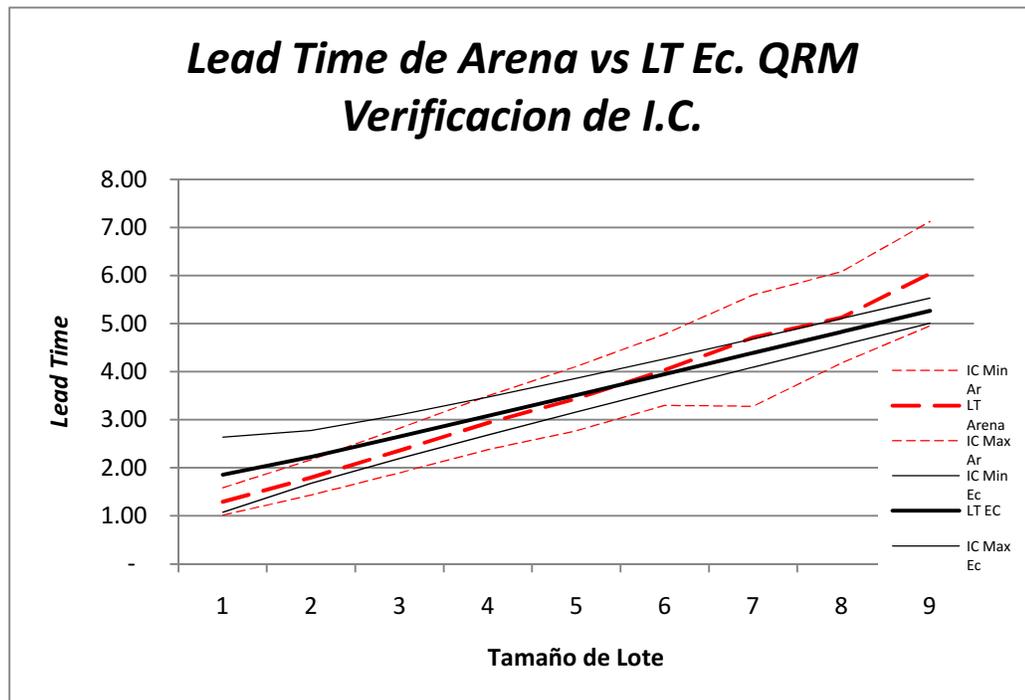


Fig 5.4 Análisis de Intervalos de confianza de los dos modelos.

De la gráfica podemos observar que la media del *lead time* obtenido con las ecuaciones analíticas (azul fuerte) se encuentra siempre dentro del intervalo de confianza del simulador Arena (líneas de color rojo claro) por lo que podemos decir que el *software* Arena un 95% de las veces obtiene el resultado del análisis con las ecuaciones del Dr. Suri.

De la misma manera, cuando comparamos la media del *lead time* obtenida con el simulador Arena (rojo fuerte) observamos también que se encuentra siempre dentro del intervalo de confianza de las ecuaciones analíticas del Dr. Suri (líneas color azul claro). Podemos decir que las ecuaciones analíticas con compensación del factor de retrabajo obtiene un 95% de las veces la media del simulador.

Podemos concluir que dentro de los parámetros de análisis (tamaño de lote de 1 a 9 piezas); la respuesta del simulador y de las ecuaciones teóricas de QRM del Dr. Suri son comparables desde el punto de vista estadístico cuando se utiliza un factor en las ecuaciones analíticas para modelar y compensar el efecto de la tasa de rechazo.

Una vez más comprobamos, el efecto magnificador del tamaño de lote y como este aumenta el *lead time* promedio de las estaciones de trabajo. Siendo que el tiempo de *setup* representa menos del 3% del tiempo promedio de proceso no observamos una tendencia a incrementar el *lead time* a medida que nos aproximamos a fabricar en tamaños de lote más pequeños.

Capítulo 6 Conclusiones y Recomendaciones Futuras

De esta investigación han salido cosas muy importantes para considerar y aprender. Hemos observado el impacto que genera el tamaño de lote en los procesos de producción de las organizaciones. Además observamos como con las ecuaciones del Dr. Suri, podemos lograr calcular un *lead time* muy cercano a la realidad cuando se analiza en condiciones ideales. La información requerida es poca; en realidad solo necesitamos los promedios de tiempos de proceso, la tasa de arribos al centro de trabajo y sus respectivas variabilidades. De ahí podemos construir un modelo para ajustar el *lead time* de nuestros centros de trabajo y lograr que en la explosión de requerimientos las órdenes tengan el tiempo suficiente para ser procesadas.

Sin embargo queda pendiente la construcción de otras ecuaciones analíticas que permitan al planeador analizar el impacto que tengan otras variables que afecten al sistema. Estas variables se explicaron anteriormente, pueden ser tasa de *scrap*, fallas de máquinas, estado de ánimo de los trabajadores, variabilidad en faltas, etc. En esta tesis sólo se fabricó la ecuación para compensar el efecto de tiempo de reproceso.

Para aquellas empresas que este dentro de sus posibilidades el uso de un *software* de simulación, representa una fuerte ventaja competitiva. El *software* Arena utilizado en esta tesis (en su versión estudiantil) resulto de gran ayuda ya que permitió modelar el ciclo de cadena de valor del proceso sin tener que hacer experimentos con el tamaño de lote en piso. Esto es clave, no siempre es recomendable implementar las metodologías y herramientas rápidamente sin antes haber hecho un análisis de viabilidad y hacer un balance de pros y contras. Muchas de estas herramientas fueron diseñadas en ambientes muy particulares de la industria y en condiciones específicas. Aunque pueden ser adaptadas a otros ambientes de manufactura, es indispensable analizar el impacto positivo y el impacto negativo para disminuir los riesgos.

La versión estudiantil está limitada en la cantidad de entidades que pueden ser simuladas en un instante del tiempo. Un análisis más completo puede ser obtenido utilizando versiones profesionales de este *software* para simular la cadena de producción completa; desde las compras, fabricación de componentes, ensamble hasta la estación de pintura y acabado.

6.1 Cumplimiento de objetivos

Una vez que se llegaron a los resultados analizados en el capítulo anterior, se puede afirmar que los objetivos planteados desde un inicio en la propuesta de tesis fueron cumplidos satisfactoriamente.

En el capítulo 2, en el marco teórico, profundizamos en el conocimiento, filosofía y la metodología detrás de QRM. Analizamos sus principios, beneficios y lo comparamos con otras metodologías ya existentes. Esto sirvió para que el investigador tuviera suficientes fundamentos teóricos para soportar los análisis y explicar los resultados del capítulo 5.

En el marco teórico también se analizó la viabilidad para su implementación en ambientes de bajo volumen y alta mezcla (*high mix low volumen*). Determinamos que la filosofía detrás de JIT y TBC es muy valiosa y complementa la metodología de QRM, sin embargo JIT está diseñado para trabajar en otro ambiente de manufactura, donde existen pocos números de parte y alta demanda.

En el capítulo 3 se analizaron las muestras durante Enero a Septiembre de 2010 y se analizó el *lead time* teórico, con las ecuaciones desarrolladas por el Dr. Suri en su libro *Quick Response Manufacturing*. Observamos que éstas son una muy buena aproximación a la realidad siempre y cuando se complemente con otros análisis de otros factores que afecten las entregas.

La línea de producción de la familia de productos fue modelada en el *software* Arena. Aunque limitado por las condiciones de uso de la versión estudiantil, se logró analizar la situación de arribos y proceso de la demanda del 2010. Además se logró analizar hasta un tamaño de lote igual a 9 el impacto del *lead time* cuando el tamaño de lote es ajustado.

6.2 Condiciones adicionales a considerar para futuros análisis.

El alcance de esta tesis se limitó solo a modelar la línea de producción de ensamble. Es recomendado para futuros análisis modelar la cadena de valor completa. Esto probablemente requiera de la inversión de algún *software* de simulación como Arena en una versión más poderosa que la utilizada en esta tesis.

La reducción del *lead time* debe verse en cada fase de la cadena de valor. De otra manera estaríamos limitando los beneficios que podríamos obtener al implementar QRM de manera general. Tanto en JIT, TBC y QRM, todas mencionan que el tiempo es el

recurso máspreciado y debe ser administrado en todos los elementos que componen la cadena de valor.

Además de la producción deben considerarse las áreas de cotizaciones, implementaciones de nuevos productos, operaciones de oficina, distribución etc. Si bien el Dr. Suri lo detalla muy bien en los capítulos posteriores al de POLCA (capítulo 9). Esto rebasa el alcance de esta investigación.

Si bien las ecuaciones son muy importantes, y se demostró que son tan poderosas como el *software* de simulación nos encontramos que al querer modelar otros factores que afecten el comportamiento deben de tratarse de manera empírica y resolver muchas más ecuaciones. Esto nos puede llevar más tiempo que el que podría invertirse a la simulación.

Es necesario señalar que aún y cuando el tamaño de lote óptimo fue 1, este no debe de ser implementado inmediatamente. Se deben analizar qué cosas dentro del proceso y de los procesos anteriores (como fabricación de componentes) deben cambiar. Además es necesario sensibilizar a la gente y hacer la reducción del tamaño de lote paulatinamente. De otra manera podríamos crear un problema mayor si no se analizan estas variables primero.

Existen además políticas de embarque posteriores al proceso de ensamble que se tienen que respetar y analizar. Por ejemplo los ensambles se embarcan en *pallets* o tarimas de acero especiales. Deben de ser embarcados en lotes determinados, de lo contrario existe una penalización. Los embarques se hacen en cajas de *tráiler* cerradas pagadas por el cliente hasta el norte de Estados Unidos. Estas deben de irse con la carga completa.

6.2 Necesidad de alinear a la organización para ejecutar la estrategia.

Para que una implementación de QRM sea exitosa se debe involucrar a la gente y a la administración. El personal debe sentirse medido y conocer el marcador para desempeñar su trabajo como se espera (R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*). De acuerdo al Dr. Suri las medidas de desempeño tradicionales son financieras o derivadas de una estrategia basada en costos.

Existe demasiada preocupación por el corto plazo; los incentivos en muchas compañías son mensuales, en cuartos o por año. Los administradores son juzgados por la salud financiera de la empresa, y esos indicadores son una manera de medir que tan bien desempeñan su trabajo. Este no deja espacio para que se asegure la estrategia a largo plazo.

El Dr. Suri menciona puntos concretos por los cuales estos sistemas tradicionales de medición del desempeño fallan en las compañías QRM:

- Sistemas de desempeño basados en costos pueden motivar a empleados y administradores a tomar decisiones que fomenten mediciones como eficiencia, costo y utilización que promueven de manera directa incrementar el *lead time*.
- Estas medidas tradicionales pueden ocasionar que los administradores se guíen por pistas falsas y tomen decisiones estratégicas pobres.
- Los sistemas de desempeño tradicionales, fueron para compañías tradicionales.
- Sistemas de costeo no promueven la utilización de celdas de manufactura.

(R. Suri, Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing *Lead times*).

El Dr. Rajan Suri promueve estrategias específicas para tener una medida de desempeño basado en la reducción del *lead time*. Se invita a los lectores a profundizar estas ideas en el capítulo 16 de su libro.

Es claro que si la estrategia es la reducción del *lead time* como ventaja competitiva para ofrecerla al mercado; la empresa debe alinear sus políticas, procesos, personal y recursos a tomar acciones que los lleven a cumplir con esta estrategia. Esto es un cambio de paradigma, las soluciones del pasado, pueden ser los problemas del futuro. Debe existir un liderazgo coherente con la filosofía de QRM y traducirla a acciones concretas.

6.3 Beneficios Económicos para la organización

Existen muchos beneficios económicos que se obtienen de las bondades de QRM:

- Introducción de productos más rápidos, lo que equivale a estar primero en el mercado.

- Las implementaciones para productos de los clientes serán más rápidas por lo que la empresa obtiene volúmenes de producción en un plazo menor. Esto representa ganancias adicionales.
- Disminuir el *lead time* hace que el plazo de cobranza sea más rápido. Esto permite que la empresa tenga mayor flujo de efectivo.
- Trabajar con lotes más pequeños permite renovar nuestro inventario más rápidamente, disminuimos riesgos por obsolescencia y mejora el tiempo de respuesta con nuestros clientes, esto se traduce en más negocio.
- Otro beneficio adicional como en el caso de *Dell*; es posible asimilar cambios rápidos en el mercado, tendencias y adoptar tecnología más rápidamente.

6.4 Impacto de esta Tesis en la organización

A continuación se comentaran algunos de los impactos principales de esta tesis en la organización donde se llevo a cabo:

6.4.1 Impacto en la Administración de la Organización

El impacto de la aplicación de esta metodología es enorme. Llega a muchas áreas de la organización donde otras metodologías no han llegado. Desde el punto de vista administrativo, este sistema le da orden a la producción en piso. Hace que la gente se haga responsable de su trabajo y entregue producto con calidad en el tiempo requerido. La toma de decisiones pertenece a los equipos de trabajo por lo que se evita estar esperando que la gerencia tome todas las decisiones operativas. Esto también representa un beneficio para la gerencia ya que tendrá más tiempo de asegurar que se ejecute la estrategia que le permita a la empresa alcanzar su visión. Los equipos auto dirigidos y de alto desempeño en las celdas de trabajo se hacen responsables de llevar la administración propia del equipo por lo que se adquiere un sentido de pertenencia.

6.4.2 Impacto en el Liderazgo de la Organización

La organización alcanza un nivel diferente de liderazgo ya que el organigrama se hace más plano y las decisiones se toman donde están los problemas. Este nuevo liderazgo

viene de los equipos de trabajo de cada una de las celdas de manufactura donde ellos mismos regulan la dinámica interna de la celda.

6.4.3 Impacto en el Sistema de Calidad y Manufactura de la Organización

Como se analizó anteriormente, este es un sistema de manufactura diferente. Requiere pasar de equipos o departamentos por funciones a equipos por familia de producto. Esto hace que los tiempos de ciclo sean menos y el producto se encuentre con piezas menos tiempo en la línea de producción. Es un sistema descentralizado y más dinámico. Basando la estrategia de la empresa basada en el tiempo de respuesta trae mejoras en calidad, reducción de tiempos muertos y mejores entregas a tiempo.

6.5 Impacto en el nivel de competitividad de la organización

De acuerdo a la definición de competitividad de la Maestría en Dirección para la Manufactura (MDM) del EGADE Business School, una empresa es altamente competitiva si obtiene altos niveles de Rentabilidad, Calidad, Mínimos Tiempos de Respuesta y la garantía de la Permanencia a través del tiempo. A continuación mostramos el impacto de esta tesis en la rentabilidad de la organización.

6.5.1 Impacto en la Rentabilidad

Al adoptar una estrategia de manufactura basada en el tiempo, la empresa adquiere una ventaja competitiva desde el punto de vista de sus clientes y competidores. Ciclos más cortos de producción traen como consecuencia ciclos más cortos de cobranza. La empresa se va a ver beneficiada en el flujo de efectivo ya que los clientes van a pagar más rápido. Una empresa QRM, en la búsqueda de la reducción del tiempo de repuesta, trae consigo una reducción directa del material en proceso. Al ser reducido el inventario en piso, se incrementará el flujo de efectivo de la organización.

6.5.2 Impacto en la Calidad

Al buscar nuevas maneras de hacer las cosas y de hacerlas más rápidas, encontraremos nuevas maneras de mejorar la calidad. Con tamaños de lotes de producción más pequeños y trabajando en celdas de manufactura, la operación estará más concentrada y capacitada

para encontrar y realizar mejoras que impacten en el producto final. Con corridas más pequeñas de producción, el tiempo para encontrar lotes defectos se reduce ya que de una operación a otra es más sencillo darse cuenta.

6.5.3 Impacto en el Tiempo de Respuesta

Una estrategia basada 100% en costos hace que nuestra compañía compita en el mismo mercado que muchas otras compañías. No existen muchos proveedores que manejen el tiempo de respuesta como una ventaja competitiva para sus clientes en las organizaciones. Existe un nicho de mercado que está dispuesto a pagar un poco más siempre y cuando reciban su producto con buena calidad en el tiempo propuesto. Incluso los clientes actuales valoran la disminución en el tiempo de respuesta ya que este paso a ser un componente de la calidad.

6.5.4 Impacto en la Permanencia en el Tiempo

Una empresa competitiva sin duda logrará su permanencia en el mercado. Las decisiones que se toman hoy, no son necesariamente las que nos llevarán a tener éxito mañana. Pero sin duda, aquellas decisiones que impacten en los productos y servicios que ofrecemos y son valorados por nuestros clientes harán que la empresa sea rentable y perdure muchos años.

6.6 Importancia Personal de esta Investigación

Esta investigación fue muy importante para mí y ha sido el trabajo más completo que he realizado hasta ahora. Fue una buena oportunidad para aterrizar los conceptos que estuvimos analizando durante el tiempo que duro la maestría. Tuve la oportunidad de conocer y aprender el *software* Arena para simular y lo hice muy rápidamente. Diseñé los experimentos para soportar mi investigación. Hice análisis estadístico y pruebas de hipótesis. Pero lo que más me llevo es la metodología, ya que de manera estructurada pude llevar a cabo una investigación de principio a fin. Los resultados fueron bastante buenos y nos queda a la empresa y a mí una herramienta poderosa para seguir haciendo mediciones internas y seguir mejorando.

6.7 Aplicación de los conocimientos de la maestría en esta investigación

No tengo duda que haber realizado esta maestría ha sido una de las inversiones personales más importantes de mi vida profesional. Yo me gradué en el 2005 de Ingeniero Mecánico Eléctrico; mi formación fue muy ingenieril y técnica. Después de 3 años de estar trabajando en O'neal Steel en el área de control de producción tuve la oportunidad estudiar la Maestría en Dirección para la Manufactura. Las clases de administración, liderazgo y producción han sido las que más me han servido y sin duda me han abierto el horizonte de pensamiento. Después de observar la aplicación práctica de la administración de producción en piso, complemento mi formación profesional con la oportunidad de estudiar todo el fundamento teórico que existe detrás de ella. Me siento mejor persona y más preparado para retos importantes.

Capítulo 7 Bibliografía

- Abegglen, James and George Stalk. Kaisha: The Japanese Corporation. New York: Basic Books, 1985.
- Arnold, J. T., Chapman, S. N., & Clive, L. M. Introduction to Materials Management. Upper Saddle River, New Jersey: Perason, Prentice Hall, 2008.
- Blackburn, Joseph. "The Time Factor." Blackburn, Joseph. Time-based competition: the next battleground in American manufacturing. Homewood, Illinois: Business One Irwin, 1991.
- George Stalk, Jr. "The strategic value of time." Blackburn, Joseph. Time-based competition: the next battleground in American manufacturing. Homewood, Illinois, 1991.
- . "Time-The Next Source of competitive advantage." Harvard Bussiness Review (July-Aug 1988): 41-51.
- Goldratt, E. M. What is this thing called Theory of Constraints, and how should it be implemented? Great Barrington: The North River Press, 1990.
- James P. Womack, Daniel T, Jones and Daniel Roos. The Machine that changed the World. New York: Free Press, 1990.
- Liker, J. K. The Toyota Way: 14 Management Principles form the World's Greatest Manufacturer. New York: Productivity Press, 2004.
- Porter, Michael. "What is strategy?" Harvard Bussiness Review (Nov/Dec 1996): 61-78.
- Shingo, Shiego. A Revolution in Manufacturing: The SMED System. Cambridge, Mass.: Productivity, Inc., 1985.
- Suri, R. & Krishnamurthy, A. "How to Plan and Implement POLCA." Center for Quick Response Manufacturing (2003).
- Suri, Rajan. "QRM and POLCA: A Winning Combination for Manufacturing Enterprises in the 21st Century." Center for Quick Response Manufacturing (2003).
- . Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing Lead Times. New York: Productivity Press, 1998.
- Woeppel, M. J. Manufacturer's Guide to Implementing the Theory of Constraints. Boca Raton: St. Lucie Press, 2001.
- Womack, J. P. & Jones, D. T. Lean Thinking. New York: Free Press, 2003.

Curriculum Vitae

Luis Felipe Heredia Navarro

Senda Perpetua 5919 Col. Villa Las Fuentes, Monterrey N.L. 64890 México

Correo Electrónico: luisfelipeh@gmail.com

Formación Académica

Maestría en Dirección para la Manufactura (Septiembre 2008 – a la Fecha)

- EGADE (ITESM)

Programa Líderes en Desarrollo (Junio 2007 –Febrero 2008)

- ICAMI Monterrey

Seminario de Implementación y Planeación de Lean Manufacturing (Octubre 2006)

- Productivity, Monterrey, N.L.

Ingeniero Mecánico Electricista (Agosto 2000 – Mayo 2005)

- Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) *Monterrey, N.L.*

Experiencia Profesional

O'Neal Steel de México

- Jefe de Control de Producción (Septiembre 2007 a la Fecha)
 - Planeación y administración componentes y materia prima
 - Implementación de Proyectos de Estandarización y Mejora Continua
- Account Manager (Septiembre 2005 – Septiembre 2007)
 - Seguimiento de órdenes de venta con clientes
 - Administración de líneas de Producción Ensamble Soldadura, Calidad y Logística

Prácticas Profesionales

PROLEC GE *Monterrey, N.L.* (Febrero 2005 a Mayo 2005)

VOLKSWAGEN DE MÉXICO *Puebla, Puebla* (Junio 2003 – Septiembre 2003)

VOLKSWAGEN AG *Wolfsburg, Alemania* (Octubre 2003 – Febrero 2004)

Habilidades

- Trabajo en Equipo, Liderazgo, Creatividad, Análisis y Solución de Problemas, Manejo de Personal.
- Paquetes Computacionales: Microsoft Office, Internet, AutoCAD Mechanical, Visual Basic, SQL Básico.

Idiomas

- Español (Lengua Materna)
- Inglés (610 puntos Toefl Institucional - 2011)
- Alemán (Mittelstufe) y Alemán Técnico – (2004).

Anexos

Rate por Arribo 2010

No Parte	Dias/Pza
No Parte #9	0.71
No Parte #10	0.71
No Parte #7	0.75
No Parte #8	0.75
No Parte #11	1.82
No Parte #12	1.82
No Parte #17	1.31
No Parte #18	1.31
No Parte #1	3.18
No Parte #2	3.18
No Parte #3	1.33
No Parte #4	1.33
No Parte #15	2.26
No Parte #16	2.26
No Parte #13	3.89
No Parte #14	3.89
No Parte #5	2.54
No Parte #6	2.54

DesvStd 1.057344

Rate por Arribo 2011

No Parte	Dias/Pza
No Parte #9	0.45
No Parte #10	0.45
No Parte #7	0.75
No Parte #8	0.75
No Parte #11	1.47
No Parte #12	1.47
No Parte #17	1.27
No Parte #18	1.27
No Parte #1	1.84
No Parte #2	1.84
No Parte #3	1.28
No Parte #4	1.28
No Parte #15	1.2
No Parte #16	1.2
No Parte #13	3.38
No Parte #14	3.38
No Parte #5	2.05
No Parte #6	2.05

DesvStd

0.826452

Cálculo de SJ y LT 2010

Part No	EC	Ship Date	Ship Qty	Entrega Valerial	Diff Kit vs Ertrb	Tiempo Proc: X Line	Part No	EC	Ship Date	Ship Qty	Entrega Valerial	Diff Kit vs Ertrb	Tiempo Proc: X Line
No Parte #4	02	12 ene	2	07 ene	3.67	0.62	No Parte #8	03	10 feb	4	02 feb	6.67	0.51
No Parte #4	02	12 ene	2	07 ene	3.67	0.41	No Parte #13	07	10 feb	3	02 feb	6.67	2.00
No Parte #10	03	12 ene	4	06 ene	4.67	1.01	No Parte #4	02	11 feb	2	09 feb	0.67	1.06
No Parte #8	03	14 ene	4	12 ene	0.67	0.54	No Parte #10	03	11 feb	4	08 feb	0.67	0.81
No Parte #9	03	14 ene	4	12 ene	0.67	0.53	No Parte #17	006	11 feb	2	09 feb	0.67	0.92
No Parte #16	03	14 ene	2	08 ene	4.67	1.33	No Parte #2	02	12 feb	3	10 feb	0.67	0.93
No Parte #4	02	14 ene	2	07 ene	5.67	0.57	No Parte #17	006	12 feb	2	09 feb	1.67	0.94
No Parte #2	02	15 ene	3	13 ene	0.67	0.51	No Parte #2	02	15 feb	3	12 feb	1.67	0.93
No Parte #2	02	15 ene	3	13 ene	0.67	0.51	No Parte #7	03	15 feb	4	11 feb	2.67	0.88
No Parte #3	02	15 ene	2	13 ene	0.67	0.61	No Parte #17	006	15 feb	2	09 feb	4.67	0.87
No Parte #3	02	15 ene	2	13 ene	0.67	2.04	No Parte #1	02	16 feb	3	12 feb	2.67	0.88
No Parte #14	07	15 ene	2	12 ene	1.67	1.32	No Parte #3	02	16 feb	2	11 feb	3.67	0.48
No Parte #6	01	19 ene	3	15 ene	2.67	1.04	No Parte #14	07	16 feb	1	11 feb	3.67	0.46
No Parte #1	02	19 ene	3	15 ene	4.67	0.78	No Parte #14	07	16 feb	1	11 feb	3.67	0.77
No Parte #5	01	20 ene	3	13 ene	3.67	3.04	No Parte #8	03	16 feb	4	10 feb	4.67	0.98
No Parte #18	05	21 ene	6	14 ene	5.67	0.48	No Parte #5	01	18 feb	3	16 feb	0.67	0.88
No Parte #3	02	26 ene	2	21 ene	3.67	0.77	No Parte #11	04	18 feb	4	16 feb	0.67	2.70
No Parte #3	02	26 ene	2	21 ene	3.67	0.64	No Parte #7	03	18 feb	4	11 feb	5.67	1.46
No Parte #4	02	26 ene	2	20 ene	4.67	1.01	No Parte #12	04	18 feb	4	11 feb	5.67	2.38
No Parte #8	03	26 ene	4	19 ene	5.67	0.47	No Parte #9	03	19 feb	4	16 feb	1.67	0.61
No Parte #3	02	27 ene	2	21 ene	4.67	1.22	No Parte #3	02	19 feb	2	11 feb	6.67	0.43
No Parte #5	01	27 ene	3	21 ene	1.67	0.83	No Parte #8	03	19 feb	4	10 feb	7.67	1.01
No Parte #6	01	27 ene	3	21 ene	4.67	0.57	No Parte #7	03	24 feb	4	19 feb	3.67	0.25
No Parte #4	02	28 ene	2	26 ene	0.67	0.95	No Parte #4	02	24 feb	2	16 feb	6.67	0.38
No Parte #4	02	28 ene	2	26 ene	0.67	2.91	No Parte #4	02	24 feb	2	16 feb	6.67	0.63
No Parte #17	006	28 ene	6	22 ene	4.67	0.92	No Parte #18	05	24 feb	2	16 feb	6.67	0.92
No Parte #1	02	02 feb	3	29 ene	4.87	0.83	No Parte #5	01	25 feb	4	23 feb	0.67	1.51
No Parte #2	02	04 feb	3	29 ene	4.67	1.88	No Parte #3	02	25 feb	2	22 feb	1.67	0.67
No Parte #18	05	04 feb	4	02 feb	1.67	0.88	No Parte #7	03	25 feb	4	22 feb	1.67	1.32
No Parte #9	03	05 feb	4	02 feb	5.67	0.20	No Parte #13	07	25 feb	3	19 feb	4.87	1.80
No Parte #14	07	05 feb	1	29 ene	5.67	0.95	No Parte #2	02	01-mar	2	25 feb	2.67	0.86
No Parte #18	05	05 feb	2	29 ene	5.67	0.59	No Parte #3	02	01-mar	3	22 feb	5.67	1.26
No Parte #9	03	09 feb	4	02 feb	0.67	1.94	No Parte #1	02	03-mar	3	26 feb	3.67	0.84
No Parte #16	03	10 feb	3	08 feb	3.67	1.17	No Parte #14	07	03-mar	1	24 feb	5.67	0.75
No Parte #11	04	16-mar	4	10-mar	4.67	1.00	No Parte #3	02	03-mar	1	22 feb	7.67	0.40
No Parte #18	05	16-mar	2	12-mar	3.67	0.54	No Parte #3	02	04-mar	2	24 feb	6.67	0.67
No Parte #10	03	17-mar	4	12-mar	5.67	1.59	No Parte #17	006	05-mar	2	02-mar	1.67	0.90
No Parte #10	03	19-mar	4	12-mar	1.67	0.96	No Parte #4	02	05-mar	2	24 feb	7.67	0.66
No Parte #17	006	22-mar	2	19-mar	2.67	0.94	No Parte #8	03	05-mar	4	24 feb	7.67	0.71
No Parte #2	02	22-mar	3	18-mar	2.67	1.00	No Parte #15	03	09-mar	2	03-mar	4.67	1.16
No Parte #17	006	23-mar	2	19-mar	2.67	0.73	No Parte #17	006	09-mar	2	02-mar	5.67	0.92
No Parte #5	01	23-mar	2	18-mar	3.67	0.77	No Parte #13	07	10-mar	1	04-mar	4.67	1.04
No Parte #3	02	23-mar	2	17-mar	4.67	1.08	No Parte #15	03	10-mar	1	03-mar	5.67	0.59
No Parte #10	03	23-mar	4	16-mar	4.67	2.05	No Parte #1	02	11-mar	3	03-mar	1.67	0.93
No Parte #6	01	25-mar	3	22-mar	1.87	1.33	No Parte #2	02	11-mar	3	08-mar	1.67	0.91
No Parte #16	03	26-mar	1	22-mar	0.67	0.57	No Parte #18	05	12-mar	2	10-mar	0.67	0.85
No Parte #17	006	26-mar	2	19-mar	5.67	0.83							

Part No	EC	Ship Date	Ship Qty	Entrega Material	Diff Kit vs Erb	Itemo Proc X Lote	Part No	EC	Ship Date	Ship Qty	Entrega Material	Diff Kit vs Erb	Itemo Proc X Lote
No Parte #1/006	006	26-abr	2	18-abr	5.67	0.91	No Parte #1104	04	12-abr	4	04-abr	6.67	2.28
No Parte #1603	03	26-abr	4	24-abr	3.67	0.55	No Parte #1104	04	12-abr	4	04-abr	6.67	0.46
No Parte #1805	05	26-abr	4	24-abr	3.67	1.81	No Parte #1805	05	21-abr	4	16-abr	3.67	1.82
No Parte #1003	03	26-abr	4	23-abr	4.67	0.38	No Parte #903	03	21-abr	4	14-abr	5.67	0.73
No Parte #302	02	31-abr	2	29-abr	0.67	0.53	No Parte #1003	03	23-abr	4	19-abr	2.67	1.54
No Parte #402	02	31-abr	2	29-abr	0.67	0.67	No Parte #1503	03	23-abr	2	19-abr	2.67	1.04
No Parte #1407	07	31-abr	1	29-abr	0.67	0.47	No Parte #302	02	23-abr	2	16-abr	5.67	0.87
No Parte #1006	06	31-abr	2	29-abr	0.67	0.82	No Parte #1805	05	23-abr	6	16-abr	5.67	2.85
No Parte #601	01	31-abr	4	26-abr	3.67	0.65	No Parte #601	01	27-abr	5	23-abr	2.67	1.89
No Parte #903	03	31-abr	4	26-abr	3.67	0.79	No Parte #17006	06	27-abr	4	22-abr	3.67	1.82
No Parte #1003	03	31-abr	4	26-abr	3.67	1.24	No Parte #903	03	28-abr	4	26-abr	0.67	0.71
No Parte #803	03	31-abr	2	25-abr	4.67	0.95	No Parte #803	03	28-abr	4	4-abr	4.67	0.58
No Parte #1805	05	31-abr	2	24-abr	5.67	0.90	No Parte #17006	06	28-abr	4	22-abr	4.67	1.85
No Parte #302	02	05-abr	2	29-abr	5.67	0.83	No Parte #17006	06	30-abr	4	28-abr	0.67	1.87
No Parte #1407	07	05-abr	1	29-abr	5.67	0.85	No Parte #1307	07	30-abr	2	26-abr	2.67	1.57
No Parte #17006	06	05-abr	2	29-abr	5.67	0.97	No Parte #302	02	30-abr	1	20-abr	2.67	0.70
No Parte #1503	03	06-abr	1	01-abr	3.67	0.64	No Parte #1407	07	30-abr	3	26-abr	2.67	2.15
No Parte #302	02	06-abr	2	28-abr	6.67	1.29	No Parte #703	03	30-abr	4	22-abr	6.67	1.01
No Parte #703	03	08-abr	4	01-abr	5.67	0.33	No Parte #703	03	30-abr	4	22-abr	6.67	0.76
No Parte #903	03	08-abr	4	01-abr	5.67	0.73	No Parte #402	02	04-abr	2	29-abr	3.67	0.86
No Parte #302	02	08-abr	2	07-abr	0.67	0.85	No Parte #1003	03	04-abr	4	29-abr	3.67	0.22
No Parte #601	01	08-abr	3	07-abr	0.67	1.30	No Parte #17006	06	04-abr	4	28-abr	4.67	1.75
No Parte #1503	03	08-abr	3	06-abr	1.67	1.84	No Parte #903	03	04-abr	4	26-abr	6.67	0.86
No Parte #1603	03	13-abr	3	07-abr	4.67	0.09	No Parte #803	03	06-abr	4	04-abr	0.67	0.62
No Parte #1603	03	13-abr	3	06-abr	5.67	1.89	No Parte #803	03	06-abr	4	03-abr	1.67	1.98
No Parte #1603	03	13-abr	1	06-abr	5.67	0.65	No Parte #402	02	06-abr	2	29-abr	5.67	0.94
No Parte #1805	05	13-abr	2	05-abr	6.67	0.94	No Parte #302	02	13-may	2	07-may	4.67	0.54
No Parte #1307	07	14-abr	4	07-abr	5.67	0.91	No Parte #903	03	13-may	4	06-may	5.67	0.87
No Parte #1307	07	14-abr	2	05-abr	7.67	1.10	No Parte #17006	06	13-may	4	06-may	5.67	1.86
No Parte #501	01	15-abr	5	13-abr	0.67	1.41	No Parte #803	03	13-may	4	04-may	7.67	1.24
No Parte #1307	07	15-abr	3	12-abr	0.67	1.88	No Parte #601	01	14-may	5	07-may	5.67	2.39
No Parte #601	01	15-abr	2	12-abr	1.67	0.91	No Parte #1104	04	14-may	4	06-may	6.67	2.52
No Parte #703	03	15-abr	4	08-abr	5.67	0.68	No Parte #1204	04	14-may	4	06-may	6.67	1.25
No Parte #601	01	15-abr	2	07-abr	6.67	0.92	No Parte #903	03	17-may	4	13-may	2.67	0.55
No Parte #803	03	15-abr	4	07-abr	6.67	0.69	No Parte #1805	05	17-may	2	12-may	3.67	0.86
No Parte #903	03	15-abr	4	07-abr	6.67	0.59	No Parte #903	03	19-may	4	13-may	4.67	0.70
No Parte #803	03	16-abr	4	14-abr	0.67	0.63	No Parte #1603	03	19-may	3	13-may	4.67	1.87
No Parte #601	01	16-abr	2	12-abr	2.67	0.72	No Parte #1003	03	19-may	2	12-may	5.67	0.74
No Parte #703	03	16-abr	4	08-abr	6.67	1.00	No Parte #1805	05	19-may	4	12-may	5.67	0.98
No Parte #1003	03	19-abr	4	16-abr	1.67	1.66	No Parte #202	02	20-may	3	18-may	0.67	0.90
No Parte #501	01	19-abr	4	15-abr	2.67	0.78	No Parte #402	02	20-may	2	18-may	0.67	1.24
No Parte #501	01	19-abr	4	15-abr	2.67	1.36	No Parte #1307	07	21-may	3	12-may	7.67	2.54
No Parte #1204	04	19-abr	4	15-abr	2.67	0.13	No Parte #302	02	25-may	2	20-may	3.67	0.91
No Parte #703	03	19-abr	4	14-abr	3.67	0.99	No Parte #903	03	25-may	4	20-may	3.67	0.91
No Parte #703	03	19-abr	4	14-abr	3.67	0.57	No Parte #17006	06	25-may	2	20-may	3.67	0.94
No Parte #803	03	19-abr	4	14-abr	3.67	0.68	No Parte #17006	06	25-may	2	20-may	3.67	0.95
No Parte #903	03	19-abr	4	13-abr	4.67	0.77	No Parte #302	02	26-may	2	20-may	4.67	0.69
No Parte #302	02	20-abr	2	16-abr	2.67	0.71	No Parte #1003	03	26-may	4	20-may	4.67	1.00

Part No	E.C.	Ship Date	Ship Qty	Entrega Material	Diff Kit vs Em' U	Tempo Proc X Lote	Part No	E.C.	Ship Date	Ship Qty	Entrega Material	Diff Kit vs Em' U	Tempo Proc X Lote
No Parte #3	02	20-jun	2	16-jun	2.67	0.77	No Parte #17	006	26-jun	2	20-jun	4.67	0.81
No Parte #9	03	20-jun	4	13-jun	5.67	1.19	No Parte #15	03	27-jun	4	24-jun	1.67	2.54
No Parte #10	03	21-jun	4	16-jun	3.67	1.02	No Parte #5	01	27-jun	4	21-jun	4.67	1.57
No Parte #9	03	27-jun	2	20-jun	5.67	1.05	No Parte #10	03	01-jul	4	25-jun	4.67	0.47
No Parte #11	006	27-jun	4	20-jun	5.67	0.96	No Parte #1	02	05-jul	3	03-jul	0.67	0.89
No Parte #2	02	28-jun	3	26-jun	0.67	1.00	No Parte #4	02	05-jul	2	03-jul	0.67	1.28
No Parte #12	04	28-jun	4	26-jun	0.67	-1.69	No Parte #6	01	05-jul	4	03-jul	0.67	1.05
No Parte #15	03	28-jun	1	24-jun	2.67	0.41	No Parte #6	01	05-jul	4	03-jul	0.67	1.12
No Parte #18	05	31-jun	4	24-jun	5.67	1.99	No Parte #10	03	05-jul	4	01-jul	2.67	1.28
No Parte #6	01	02-jun	5	26-jun	5.67	0.87	No Parte #2	02	05-jul	3	30-jun	3.67	0.91
No Parte #7	03	04-jun	4	02-jun	0.67	0.86	No Parte #16	03	05-jul	3	29-jun	4.67	1.89
No Parte #8	03	04-jun	4	02-jun	0.67	0.87	No Parte #3	02	05-jul	2	28-jun	5.67	0.67
No Parte #9	03	04-jun	4	02-jun	0.67	0.85	No Parte #15	03	05-jul	3	28-jun	5.67	1.79
No Parte #16	03	04-jun	3	02-jun	0.67	1.83	No Parte #18	05	05-jul	6	28-jun	5.67	2.85
No Parte #7	03	07-jun	4	02-jun	3.67	0.77	No Parte #4	02	07-jul	1	03-jul	2.67	0.55
No Parte #16	03	07-jun	2	02-jun	3.67	1.20	No Parte #10	03	07-jul	4	02-jul	3.67	0.96
No Parte #1	02	08-jun	3	04-jun	2.67	0.99	No Parte #9	03	07-jul	2	01-jul	4.67	0.36
No Parte #5	01	08-jun	4	04-jun	1.87	1.87	No Parte #9	03	07-jul	5	01-jul	4.67	1.08
No Parte #7	03	08-jun	4	02-jun	4.67	1.22	No Parte #9	03	07-jul	1	01-jul	4.67	0.20
No Parte #7	03	09-jun	4	05-jun	2.67	1.06	No Parte #10	03	07-jul	2	01-jul	4.67	0.54
No Parte #17	006	09-jun	2	05-jun	2.67	0.99	No Parte #10	03	07-jul	2	01-jul	4.67	0.63
No Parte #8	03	09-jun	4	02-jun	5.67	0.89	No Parte #15	03	07-jul	1	30-jun	5.67	0.58
No Parte #9	03	09-jun	4	02-jun	5.67	0.65	No Parte #16	03	07-jul	1	30-jun	5.67	0.52
No Parte #17	006	11-jun	4	08-jun	4.67	1.71	No Parte #7	03	07-jul	2	29-jun	6.67	0.52
No Parte #4	02	15-jun	2	11-jun	2.67	0.74	No Parte #7	03	07-jul	2	29-jun	6.67	0.31
No Parte #9	03	17-jun	4	15-jun	0.67	0.57	No Parte #7	03	07-jul	4	29-jun	6.67	0.85
No Parte #8	03	17-jun	4	10-jun	5.67	0.61	No Parte #8	03	07-jul	2	29-jun	6.67	0.29
No Parte #1	02	21-jun	3	17-jun	2.67	0.80	No Parte #8	03	07-jul	5	29-jun	6.67	1.44
No Parte #2	02	21-jun	3	17-jun	2.67	1.02	No Parte #8	03	07-jul	1	29-jun	6.67	0.17
No Parte #9	03	21-jun	4	15-jun	4.67	0.72	No Parte #3	02	07-jul	1	28-jun	7.67	0.39
No Parte #11	04	21-jun	4	15-jun	4.67	1.26	No Parte #4	02	08-jul	2	03-jul	3.67	0.96
No Parte #16	03	22-jun	4	18-jun	2.67	1.68	No Parte #8	03	08-jul	8	03-jul	3.67	1.69
No Parte #8	03	22-jun	4	17-jun	3.67	0.83	No Parte #9	03	08-jul	6	03-jul	3.67	1.08
No Parte #9	03	22-jun	4	17-jun	3.67	0.81	No Parte #10	03	08-jul	2	02-jul	4.67	0.39
No Parte #5	01	24-jun	2	21-jun	1.67	0.40	No Parte #10	03	08-jul	2	02-jul	4.67	0.40
No Parte #6	01	24-jun	2	21-jun	1.67	0.67	No Parte #13	07	08-jul	2	01-jul	5.67	0.53
No Parte #15	03	24-jun	3	18-jun	4.67	1.86	No Parte #2	02	09-jul	3	07-jul	0.67	1.00
No Parte #9	03	24-jun	4	17-jun	5.67	0.73	No Parte #7	03	09-jul	4	07-jul	0.67	1.03
No Parte #1	02	25-jun	3	23-jun	0.67	0.97	No Parte #9	03	09-jul	2	07-jul	0.67	0.48
No Parte #7	03	25-jun	4	22-jun	1.67	1.32	No Parte #5	01	09-jul	1	06-jul	1.67	0.23
No Parte #14	07	25-jun	3	22-jun	1.67	1.80	No Parte #10	03	09-jul	3	06-jul	1.67	0.16
No Parte #3	02	25-jun	4	17-jun	6.67	1.01	No Parte #10	03	09-jul	3	06-jul	1.67	0.49
No Parte #10	03	29-jun	2	25-jun	2.67	0.46	No Parte #10	03	09-jul	2	06-jul	1.67	0.15
No Parte #4	02	29-jun	2	24-jun	3.67	0.90	No Parte #16	03	09-jul	2	06-jul	1.67	1.28
No Parte #15	03	29-jun	3	24-jun	3.67	1.41	No Parte #16	03	09-jul	1	06-jul	1.67	0.61
No Parte #7	03	29-jun	4	22-jun	5.67	0.98	No Parte #7	03	09-jul	4	05-jul	2.67	1.17
No Parte #4	02	30-jun	2	24-jun	4.67	0.71	No Parte #7	03	09-jul	4	05-jul	2.67	0.55
No Parte #3	02	01-jul	1	28-jun	1.67	0.47	No Parte #9	03	09-jul	2	03-jul	4.67	0.45
No Parte #16	03	01-jul	3	28-jun	1.67	1.80	No Parte #12	04	09-jul	4	03-jul	4.67	-0.37

PartNo	E.C.	Ship Date	Ship Qty	Entrega Material	Diff Kit vs Err b	Item po Proc X Lotc	Part No	E.C.	Ship Date	Ship Qty	Entrega Material	Diff Kit vs Err b	Item po Proc X Lotc
No Parte #18	05	01-Jul	4	28-Jun	1.67	1.86	No Parte #15	08	09-Jul	1	02-Jul	5.67	0.57
No Parte #7	03	01-Jul	2	25-Jun	4.67	0.85	No Parte #13	07	08-Jul	1	01-Jul	6.67	0.45
No Parte #9	03	15-Jul	2	07-Jul	6.67	0.42	No Parte #11	04	09-Jul	4	30-Jun	7.67	0.92
No Parte #8	03	16-Jul	5	07-Jul	7.67	0.97	No Parte #16	03	12-Jul	2	08-Jul	1.67	1.14
No Parte #16	03	19-Jul	2	16-Jul	1.67	1.32	No Parte #7	03	12-Jul	4	07-Jul	3.67	1.18
No Parte #3	02	19-Jul	6	15-Jul	2.67	1.00	No Parte #7	03	12-Jul	4	07-Jul	3.67	0.94
No Parte #3	02	19-Jul	2	15-Jul	2.67	0.99	No Parte #9	03	12-Jul	6	07-Jul	3.67	1.48
No Parte #3	02	19-Jul	1	13-Jul	4.67	0.38	No Parte #9	03	12-Jul	2	07-Jul	3.67	0.41
No Parte #4	02	21-Jul	1	15-Jul	4.67	0.18	No Parte #10	03	12-Jul	8	07-Jul	3.67	2.86
No Parte #4	02	21-Jul	1	15-Jul	4.67	0.35	No Parte #4	02	12-Jul	6	06-Jul	4.67	2.81
No Parte #4	02	21-Jul	1	15-Jul	4.67	0.28	No Parte #5	01	12-Jul	1	06-Jul	4.67	0.34
No Parte #16	03	22-Jul	1	16-Jul	4.67	0.63	No Parte #6	01	12-Jul	2	06-Jul	4.67	0.74
No Parte #16	03	23-Jul	3	15-Jul	6.67	1.85	No Parte #8	03	12-Jul	2	03-Jul	7.67	0.43
No Parte #16	03	26-Jul	1	23-Jul	1.67	0.60	No Parte #8	03	12-Jul	2	03-Jul	7.67	0.48
No Parte #5	01	28-Jul	4	23-Jul	3.67	2.04	No Parte #8	03	12-Jul	2	03-Jul	7.67	0.53
No Parte #4	02	28-Jul	2	22-Jul	4.67	1.60	No Parte #8	03	12-Jul	2	03-Jul	7.67	0.43
No Parte #16	03	28-Jul	2	26-Jul	1.67	1.19	No Parte #1	02	14-Jul	3	12-Jul	0.92	0.92
No Parte #6	01	29-Jul	2	22-Jul	5.67	0.66	No Parte #3	02	14-Jul	2	12-Jul	0.67	0.68
No Parte #13	07	30-Jul	3	26-Jul	2.67	2.08	No Parte #4	02	14-Jul	1	12-Jul	0.67	0.44
No Parte #13	07	30-Jul	2	24-Jul	4.67	1.10	No Parte #4	02	14-Jul	1	12-Jul	0.67	0.50
No Parte #13	07	31-Jul	4	24-Jul	5.67	3.00	No Parte #4	02	14-Jul	1	12-Jul	0.67	0.40
No Parte #7	03	04-ago	8	31-Jul	2.67	2.19	No Parte #4	02	14-Jul	1	12-Jul	0.67	0.45
No Parte #4	02	04-ago	3	30-Jul	3.67	0.63	No Parte #16	03	14-Jul	3	12-Jul	0.67	1.68
No Parte #15	03	04-ago	3	30-Jul	3.67	2.04	No Parte #15	03	14-Jul	3	09-Jul	3.67	1.97
No Parte #16	03	05-ago	3	30-Jul	4.67	1.33	No Parte #7	03	14-Jul	4	07-Jul	5.67	1.17
No Parte #15	03	06-ago	3	30-Jul	5.67	2.02	No Parte #7	03	14-Jul	4	07-Jul	5.67	1.22
No Parte #18	05	06-ago	6	30-Jul	5.67	2.71	No Parte #7	03	14-Jul	3	07-Jul	5.67	1.08
No Parte #9	03	12-ago	8	10-ago	0.67	1.14	No Parte #7	03	14-Jul	1	07-Jul	5.67	0.26
No Parte #3	02	13-ago	6	11-ago	0.67	3.66	No Parte #8	03	14-Jul	2	07-Jul	5.67	0.42
No Parte #2	02	13-ago	3	10-ago	1.67	0.88	No Parte #8	03	14-Jul	2	07-Jul	5.67	0.36
No Parte #5	01	16-ago	4	13-ago	1.67	1.05	No Parte #8	03	14-Jul	2	07-Jul	5.67	0.35
No Parte #7	03	16-ago	8	12-ago	2.67	2.38	No Parte #8	03	14-Jul	2	07-Jul	5.67	0.50
No Parte #10	03	16-ago	8	12-ago	2.67	3.10	No Parte #8	03	14-Jul	4	07-Jul	5.67	0.43
No Parte #13	07	16-ago	2	11-ago	3.67	0.34	No Parte #9	03	14-Jul	6	07-Jul	5.67	1.55
No Parte #1	02	17-ago	3	13-ago	2.67	0.96	No Parte #9	03	14-Jul	2	07-Jul	5.67	0.50
No Parte #18	05	17-ago	5	13-ago	2.67	2.33	No Parte #9	03	14-Jul	4	07-Jul	5.67	0.72
No Parte #16	03	17-ago	3	11-ago	4.67	1.87	No Parte #10	03	14-Jul	6	07-Jul	5.67	1.69
No Parte #4	02	18-ago	6	14-ago	2.67	3.37	No Parte #10	03	14-Jul	2	07-Jul	5.67	0.43
No Parte #3	03	18-ago	8	14-ago	2.67	2.06	No Parte #10	03	14-Jul	8	07-Jul	5.67	2.80
No Parte #9	03	18-ago	8	14-ago	2.67	1.59	No Parte #3	02	15-Jul	1	13-Jul	0.67	0.28
No Parte #15	03	18-ago	3	11-ago	5.67	1.83	No Parte #3	02	15-Jul	1	13-Jul	0.67	0.30
No Parte #8	03	18-ago	8	10-ago	6.67	1.64	No Parte #3	02	15-Jul	1	13-Jul	0.67	0.59
No Parte #1	02	20-ago	3	17-ago	1.67	0.99	No Parte #3	02	15-Jul	1	13-Jul	0.67	0.54
No Parte #2	02	20-ago	3	17-ago	1.67	0.86	No Parte #3	02	15-Jul	1	13-Jul	0.67	0.47
No Parte #14	07	20-ago	2	17-ago	1.67	0.92	No Parte #3	02	15-Jul	2	12-Jul	1.67	0.84
No Parte #17	006	20-ago	6	17-ago	1.67	2.60	No Parte #4	02	15-Jul	1	12-Jul	1.67	0.38
No Parte #16	03	20-ago	3	13-ago	5.67	1.95	No Parte #4	02	15-Jul	1	12-Jul	1.67	0.28
No Parte #4	02	23-ago	6	21-ago	0.67	0.81	No Parte #15	03	15-Jul	3	12-Jul	1.67	1.93
No Parte #13	07	23-ago	2	20-ago	1.67	0.98	No Parte #7	03	15-Jul	4	07-Jul	6.67	1.21

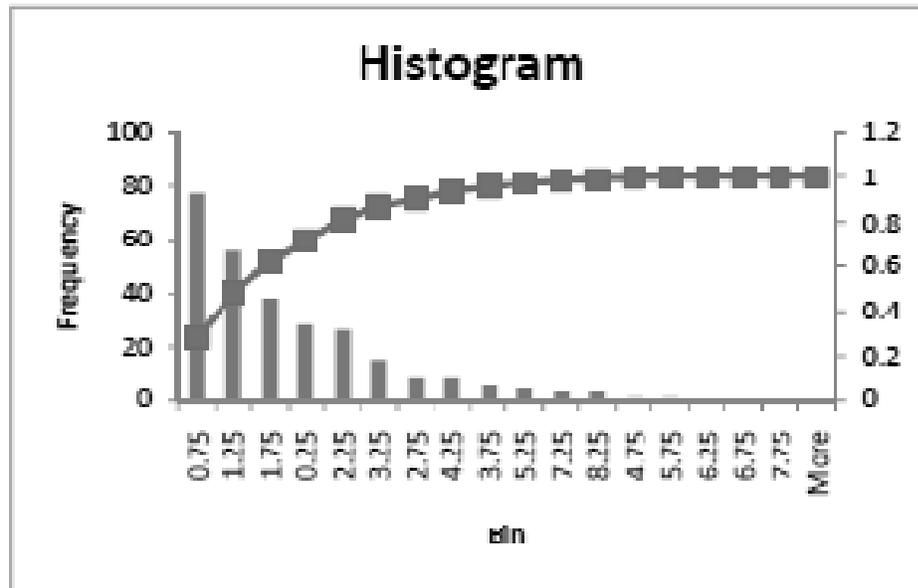
PartNo	EC	Ship Date	Ship Qty	Entrega Rational	Diff Kil vs Em'U	Tiempo Proc. X Lote	Part No	EC	Ship Date	Ship Qty	Entrega Rational	Diff Kil vs Em'U	Tiempo Proc. X Lote
No Parte #15	03	23-830	3	18-830	3.67	1.98	No Parte #8	03	15-Jul	4	07-Jul	6.67	0.91
No Parte #8	03	24-830	8	18-830	4.67	1.52	No Parte #9	03	15-Jul	2	07-Jul	6.67	0.42
No Parte #9	03	24-830	8	18-830	4.67	1.80	No Parte #15	07	17-830	2	13-830	2.67	1.07
No Parte #6	01	26-830	4	24-830	0.67	1.08	No Parte #13	03	17-830	3	08-830	2.67	1.81
No Parte #4	02	26-830	6	23-830	1.67	0.95	No Parte #13	07	17-830	2	08-830	6.67	0.99
No Parte #14	07	26-830	2	21-830	3.67	1.14	No Parte #5	01	20-830	4	15-830	3.67	1.38
No Parte #7	03	26-830	8	20-830	4.67	1.58	No Parte #4	02	21-830	6	15-830	4.67	2.18
No Parte #10	03	26-830	8	20-830	4.67	1.48	No Parte #3	02	27-830	6	23-830	2.67	3.20
No Parte #13	07	27-830	2	20-830	5.67	1.08	No Parte #5	01	27-830	4	23-830	2.67	1.07
No Parte #16	03	30-830	3	24-830	4.67	1.82							
No Parte #8	03	30-830	8	23-830	5.67	1.62							
No Parte #9	03	30-830	8	23-830	5.67	1.81							
No Parte #13	07	31-830	2	26-830	3.67	0.77							
No Parte #3	02	31-830	6	25-830	4.67	2.53							
No Parte #7	03	31-830	8	25-830	4.67	2.15							
No Parte #10	03	31-830	8	25-830	4.67	2.51							
No Parte #18	05	01-830	5	27-830	3.67	2.63							
No Parte #1	02	01-830	3	26-830	4.67	0.94							
No Parte #7	03	01-830	8	26-830	4.67	1.06							
No Parte #10	03	01-830	8	26-830	4.67	0.41							
No Parte #15	03	01-830	3	24-830	6.67	1.87							
No Parte #15	03	03-830	1	01-830	0.67	0.57							
No Parte #15	03	03-830	2	01-830	0.67	1.11							
No Parte #4	02	03-830	6	28-830	4.67	3.57							
No Parte #8	03	03-830	8	27-830	5.67	1.23							
No Parte #9	03	03-830	8	27-830	5.67	1.22							
No Parte #5	01	06-830	4	01-830	3.67	1.25							
No Parte #11	04	06-830	4	01-830	3.67	1.91							
No Parte #16	03	06-830	3	01-830	3.67	1.98							
No Parte #1	02	06-830	3	31-830	4.67	0.97							
No Parte #8	03	08-830	8	01-830	5.67	1.10							
No Parte #9	03	08-830	8	01-830	5.67	1.48							
No Parte #15	03	08-830	3	01-830	5.67	1.55							
No Parte #3	02	08-830	6	31-830	6.67	2.24							
No Parte #6	01	09-830	4	02-830	5.67	1.49							
No Parte #13	07	09-830	2	02-830	5.67	1.60							
No Parte #16	03	10-830	3	07-830	1.67	1.26							
No Parte #7	03	10-830	8	04-830	4.67	2.20							
No Parte #10	03	10-830	8	04-830	4.67	0.90							
No Parte #4	02	13-830	6	07-830	4.67	2.38							
No Parte #8	03	13-830	8	07-830	4.67	1.30							
No Parte #9	03	13-830	8	07-830	4.67	1.73							
No Parte #15	03	13-830	3	07-830	4.67	2.17							
No Parte #17	006	13-830	6	06-830	5.67	2.87							
No Parte #7	03	14-830	8	11-830	1.67	0.99							
No Parte #10	03	14-830	8	11-830	1.67	1.23							
No Parte #12	02	14-830	3	09-830	3.67	0.95							
No Parte #16	03	15-830	3	13-830	0.67	1.96							
No Parte #1	02	15-830	3	09-830	4.67	0.81							

No	Part	Ship Date	Ordered Qty	Diff Days	Item Id	Ship Date	Ordered Qty	Diff Days	Item Id	Ship Date	Ordered Qty	Diff Days	Item Id	Ship Date	Ordered Qty	Diff Days	Item Id	Ship Date	Ordered Qty	Diff Days				
No	Part #12	26 abr 10	4	0.24	No	Part #8	11 may 10	4	0.33	No	Part #16	26 may 10	5	0.11	No	Part #4	08 jun 10	4	0.36	No	Part #10	09 jun 10	4	0.27
No	Part #18	26 abr 10	1	0.07	No	Part #4	11 may 10	4	0.33	No	Part #18	26 may 10	10	0.27	No	Part #11	08 jun 10	4	0.27	No	Part #17	09 jun 10	4	0.27
No	Part #5	26 abr 10	5	0.36	No	Part #10	13 may 10	4	0.13	No	Part #5	26 may 10	7	0.04	No	Part #12	09 jun 10	4	0.27	No	Part #15	09 jun 10	3	0.20
No	Part #15	26 abr 10	1	1.20	No	Part #18	13 may 10	10	0.27	No	Part #15	26 may 10	5	0.11	No	Part #10	09 jun 10	3	0.20	No	Part #18	09 jun 10	3	0.20
No	Part #8	28 abr 10	4	0.50	No	Part #8	13 may 10	5	0.16	No	Part #8	26 may 10	5	0.11	No	Part #9	09 jun 10	2	0.13	No	Part #8	09 jun 10	2	0.13
No	Part #9	28 abr 10	4	0.17	No	Part #2	13 may 10	4	0.13	No	Part #2	26 may 10	4	0.09	No	Part #4	09 jun 10	4	0.17	No	Part #10	10 jun 10	4	0.17
No	Part #17	29 abr 10	6	0.26	No	Part #9	13 may 10	4	0.13	No	Part #9	26 may 10	4	0.09	No	Part #10	10 jun 10	3	0.13	No	Part #7	10 jun 10	2	0.09
No	Part #3	29 abr 10	2	0.09	No	Part #16	14 may 10	5	0.42	No	Part #3	26 may 10	4	0.16	No	Part #5	10 jun 10	2	0.09	No	Part #6	10 jun 10	2	0.09
No	Part #4	29 abr 10	2	0.09	No	Part #2	14 may 10	3	0.25	No	Part #14	28 may 10	5	0.20	No	Part #6	10 jun 10	2	0.09	No	Part #7	10 jun 10	4	0.17
No	Part #6	29 abr 10	5	0.27	No	Part #3	14 may 10	2	0.17	No	Part #15	28 may 10	4	0.16	No	Part #7	10 jun 10	4	0.17	No	Part #8	10 jun 10	4	0.17
No	Part #7	29 abr 10	4	0.15	No	Part #4	14 may 10	2	0.17	No	Part #7	28 may 10	4	0.16	No	Part #8	10 jun 10	4	0.17	No	Part #4	10 jun 10	4	0.17
No	Part #10	30 abr 10	3	0.12	No	Part #10	17 may 10	4	0.14	No	Part #4	28 may 10	4	0.16	No	Part #4	10 jun 10	4	0.17	No	Part #13	11 jun 10	3	0.50
No	Part #14	30 abr 10	3	0.12	No	Part #13	17 may 10	3	0.11	No	Part #6	31 may 10	2	1.20	No	Part #16	11 jun 10	3	0.50	No	Part #16	11 jun 10	3	0.50
No	Part #1	30 abr 10	2	0.08	No	Part #14	17 may 10	4	0.14	No	Part #10	01 jun 10	4	0.18	No	Part #16	11 jun 10	3	0.50	No	Part #17	14 jun 10	4	0.14
No	Part #1	30 abr 10	2	0.08	No	Part #14	17 may 10	10	0.36	No	Part #17	01 jun 10	10	0.45	No	Part #10	14 jun 10	4	0.14	No	Part #10	14 jun 10	4	0.14
No	Part #7	30 abr 10	4	0.15	No	Part #7	17 may 10	4	0.14	No	Part #3	01 jun 10	2	0.09	No	Part #15	14 jun 10	3	0.11	No	Part #15	14 jun 10	3	0.11
No	Part #8	30 abr 10	4	0.15	No	Part #8	18 may 10	4	0.50	No	Part #2	01 jun 10	2	0.09	No	Part #18	14 jun 10	10	0.36	No	Part #18	14 jun 10	2	0.07
No	Part #9	30 abr 10	4	0.15	No	Part #9	18 may 10	4	0.50	No	Part #7	01 jun 10	4	0.18	No	Part #18	14 jun 10	2	0.07	No	Part #18	14 jun 10	2	0.07
No	Part #17	01 may 10	10	0.67	No	Part #10	19 may 10	4	0.20	No	Part #10	02 jun 10	3	0.13	No	Part #4	14 jun 10	2	0.07	No	Part #4	14 jun 10	4	0.14
No	Part #5	01 may 10	5	0.33	No	Part #5	19 may 10	4	0.20	No	Part #10	02 jun 10	4	0.17	No	Part #7	14 jun 10	4	0.14	No	Part #7	14 jun 10	4	0.14
No	Part #8	01 may 10	4	0.50	No	Part #2	19 may 10	4	0.20	No	Part #13	02 jun 10	1	0.04	No	Part #10	15 jun 10	4	0.20	No	Part #10	15 jun 10	4	0.20
No	Part #9	01 may 10	4	0.50	No	Part #8	19 may 10	4	0.20	No	Part #16	02 jun 10	3	0.13	No	Part #3	15 jun 10	2	0.10	No	Part #3	15 jun 10	2	0.10
No	Part #17	05 may 10	6	0.23	No	Part #9	19 may 10	4	0.20	No	Part #7	02 jun 10	4	0.17	No	Part #4	15 jun 10	4	0.20	No	Part #4	15 jun 10	2	0.10
No	Part #17	05 may 10	10	0.38	No	Part #15	20 may 10	5	0.66	No	Part #8	02 jun 10	4	0.17	No	Part #7	15 jun 10	4	0.20	No	Part #7	15 jun 10	4	0.20
No	Part #18	05 may 10	10	0.38	No	Part #18	20 may 10	2	0.22	No	Part #9	02 jun 10	4	0.17	No	Part #8	15 jun 10	4	0.20	No	Part #8	15 jun 10	4	0.20
No	Part #11	06 may 10	4	0.16	No	Part #4	20 may 10	2	0.22	No	Part #15	03 jun 10	3	0.43	No	Part #9	15 jun 10	4	0.20	No	Part #9	15 jun 10	4	0.20
No	Part #12	06 may 10	4	0.16	No	Part #11	21 may 10	4	0.20	No	Part #3	03 jun 10	2	0.29	No	Part #10	16 jun 10	4	0.14	No	Part #10	16 jun 10	4	0.14
No	Part #13	06 may 10	2	0.08	No	Part #12	21 may 10	4	0.20	No	Part #4	03 jun 10	2	0.29	No	Part #10	16 jun 10	3	0.10	No	Part #10	16 jun 10	3	0.10
No	Part #4	06 may 10	2	0.08	No	Part #3	21 may 10	2	0.10	No	Part #11	04 jun 10	4	0.18	No	Part #16	16 jun 10	3	0.10	No	Part #16	16 jun 10	3	0.10
No	Part #6	06 may 10	5	0.20	No	Part #4	21 may 10	2	0.10	No	Part #12	04 jun 10	4	0.18	No	Part #2	16 jun 10	2	0.10	No	Part #2	16 jun 10	2	0.10
No	Part #8	06 may 10	4	0.16	No	Part #8	21 may 10	4	0.20	No	Part #14	04 jun 10	3	0.14	No	Part #3	16 jun 10	2	0.07	No	Part #3	16 jun 10	2	0.07
No	Part #9	06 may 10	4	0.16	No	Part #9	21 may 10	4	0.20	No	Part #2	04 jun 10	3	0.14	No	Part #4	16 jun 10	2	0.07	No	Part #4	16 jun 10	2	0.07
No	Part #10	06 may 10	4	0.17	No	Part #3	24 may 10	2	0.50	No	Part #8	04 jun 10	4	0.18	No	Part #7	16 jun 10	4	0.14	No	Part #7	16 jun 10	4	0.14
No	Part #11	10 may 10	4	0.17	No	Part #4	24 may 10	2	0.50	No	Part #9	04 jun 10	4	0.18	No	Part #8	16 jun 10	4	0.14	No	Part #8	16 jun 10	4	0.14
No	Part #12	10 may 10	4	0.17	No	Part #10	25 may 10	4	0.27	No	Part #1	07 jun 10	3	0.20	No	Part #9	16 jun 10	4	0.14	No	Part #9	16 jun 10	4	0.14
No	Part #1	10 may 10	2	0.08	No	Part #2	25 may 10	3	0.20	No	Part #11	07 jun 10	4	0.27	No	Part #1	17 jun 10	3	0.14	No	Part #1	17 jun 10	3	0.14
No	Part #4	10 may 10	4	0.17	No	Part #3	25 may 10	2	0.13	No	Part #12	07 jun 10	4	0.27	No	Part #10	17 jun 10	4	0.18	No	Part #10	17 jun 10	4	0.18
No	Part #5	10 may 10	2	0.17	No	Part #4	25 may 10	2	0.13	No	Part #3	07 jun 10	2	0.13	No	Part #15	17 jun 10	3	0.14	No	Part #15	17 jun 10	3	0.14
No	Part #7	10 may 10	4	0.17	No	Part #7	25 may 10	4	0.27	No	Part #1	07 jun 10	2	0.13	No	Part #4	17 jun 10	4	0.18	No	Part #4	17 jun 10	4	0.18
No	Part #3	11 may 10	2	0.17	No	Part #10	26 may 10	4	0.09	No	Part #16	08 jun 10	3	0.27	No	Part #8	17 jun 10	4	0.18	No	Part #8	17 jun 10	4	0.18
No	Part #4	11 may 10	2	0.17	No	Part #10	26 may 10	2	0.04	No	Part #8	08 jun 10	4	0.36	No	Part #9	17 jun 10	4	0.18	No	Part #9	17 jun 10	4	0.18

No	Partic	Ship Date	Ordered Qty	Diff Dias	Item Id	Ship Date	Ordered Qty	Diff Dias	Item Id	Ship Date	Ordered Qty	Diff Dias	Item Id	Ship Date	Ordered Qty	Diff Dias	Item Id	Ship Date	Ordered Qty	Diff Dias
No Partic #10		18 Jun 13	4	0.25	No Partic #3	29 Jun 13	2	0.07	No Partic #8	05 Jul 13	2	0.13	No Partic #3	12 Jul 13	1	0.03	No Partic #3	12 Jul 13	1	0.03
No Partic #13		18 Jun 13	3	0.19	No Partic #4	29 Jun 13	1	0.04	No Partic #9	05 Jul 13	2	0.13	No Partic #3	12 Jul 13	2	0.05	No Partic #4	12 Jul 13	1	0.03
No Partic #17		18 Jun 13	2	0.13	No Partic #1	29 Jun 13	2	0.07	No Partic #10	06 Jul 13	4	0.14	No Partic #4	12 Jul 13	1	0.03	No Partic #4	12 Jul 13	1	0.03
No Partic #3		18 Jun 13	1	0.06	No Partic #7	29 Jun 13	3	0.11	No Partic #15	06 Jul 13	3	0.11	No Partic #4	12 Jul 13	2	0.05	No Partic #4	12 Jul 13	2	0.05
No Partic #4		18 Jun 13	2	0.13	No Partic #8	29 Jun 13	2	0.07	No Partic #2	06 Jul 13	3	0.11	No Partic #7	12 Jul 13	4	0.11	No Partic #7	12 Jul 13	4	0.11
No Partic #7		18 Jun 13	4	0.25	No Partic #9	29 Jun 13	2	0.07	No Partic #3	06 Jul 13	3	0.04	No Partic #7	12 Jul 13	6	0.16	No Partic #7	12 Jul 13	6	0.16
No Partic #10		21 Jun 13	4	0.29	No Partic #10	30 Jun 13	3	0.08	No Partic #3	06 Jul 13	1	0.04	No Partic #8	12 Jul 13	4	0.11	No Partic #8	12 Jul 13	4	0.11
No Partic #16		21 Jun 13	3	0.21	No Partic #11	30 Jun 13	4	0.10	No Partic #7	06 Jul 13	4	0.14	No Partic #9	12 Jul 13	4	0.11	No Partic #9	12 Jul 13	4	0.11
No Partic #2		21 Jun 13	3	0.21	No Partic #17	30 Jun 13	4	0.10	No Partic #8	06 Jul 13	2	0.07	No Partic #10	13 Jul 13	3	0.16	No Partic #10	13 Jul 13	3	0.16
No Partic #7		21 Jun 13	4	0.29	No Partic #14	30 Jun 13	3	0.08	No Partic #8	06 Jul 13	4	0.14	No Partic #16	13 Jul 13	3	0.16	No Partic #16	13 Jul 13	3	0.16
No Partic #10		22 Jun 13	4	0.17	No Partic #15	30 Jun 13	3	0.08	No Partic #9	06 Jul 13	2	0.07	No Partic #3	13 Jul 13	1	0.05	No Partic #3	13 Jul 13	1	0.05
No Partic #11		22 Jun 13	4	0.17	No Partic #3	30 Jun 13	1	0.03	No Partic #9	06 Jul 13	4	0.14	No Partic #3	13 Jul 13	2	0.11	No Partic #3	13 Jul 13	2	0.11
No Partic #17		22 Jun 13	4	0.17	No Partic #4	30 Jun 13	1	0.03	No Partic #1	07 Jul 13	3	0.12	No Partic #4	13 Jul 13	1	0.05	No Partic #4	13 Jul 13	1	0.05
No Partic #27		22 Jun 13	4	0.17	No Partic #5	30 Jun 13	3	0.08	No Partic #10	07 Jul 13	4	0.16	No Partic #4	13 Jul 13	2	0.11	No Partic #4	13 Jul 13	2	0.11
No Partic #8		22 Jun 13	4	0.17	No Partic #6	30 Jun 13	3	0.08	No Partic #3	07 Jul 13	1	0.04	No Partic #7	13 Jul 13	3	0.16	No Partic #7	13 Jul 13	3	0.16
No Partic #9		22 Jun 13	4	0.17	No Partic #7	30 Jun 13	3	0.08	No Partic #4	07 Jul 13	1	0.04	No Partic #8	13 Jul 13	2	0.11	No Partic #8	13 Jul 13	2	0.11
No Partic #3		23 Jun 13	2	0.18	No Partic #8	30 Jun 13	2	0.05	No Partic #7	07 Jul 13	4	0.16	No Partic #8	13 Jul 13	2	0.11	No Partic #8	13 Jul 13	2	0.11
No Partic #4		23 Jun 13	1	0.09	No Partic #8	30 Jun 13	2	0.10	No Partic #8	07 Jul 13	2	0.08	No Partic #9	14 Jul 13	2	0.10	No Partic #9	14 Jul 13	2	0.10
No Partic #5		23 Jun 13	4	0.36	No Partic #9	30 Jun 13	2	0.05	No Partic #8	07 Jul 13	4	0.16	No Partic #10	14 Jul 13	2	0.07	No Partic #10	14 Jul 13	2	0.07
No Partic #6		23 Jun 13	4	0.36	No Partic #9	30 Jun 13	4	0.10	No Partic #9	07 Jul 13	2	0.08	No Partic #11	14 Jul 13	3	0.10	No Partic #11	14 Jul 13	3	0.10
No Partic #15		24 Jun 13	3	0.27	No Partic #10	01 Jul 13	3	0.09	No Partic #9	07 Jul 13	4	0.16	No Partic #15	14 Jul 13	10	0.34	No Partic #15	14 Jul 13	10	0.34
No Partic #8		24 Jun 13	4	0.36	No Partic #10	01 Jul 13	4	0.12	No Partic #3	08 Jul 13	2	0.15	No Partic #17	14 Jul 13	3	0.10	No Partic #17	14 Jul 13	3	0.10
No Partic #9		24 Jun 13	4	0.36	No Partic #17	01 Jul 13	8	0.34	No Partic #16	08 Jul 13	3	0.23	No Partic #4	14 Jul 13	1	0.03	No Partic #4	14 Jul 13	1	0.03
No Partic #10		25 Jun 13	12	0.21	No Partic #3	01 Jul 13	2	0.06	No Partic #3	08 Jul 13	1	0.08	No Partic #7	14 Jul 13	3	0.10	No Partic #7	14 Jul 13	3	0.10
No Partic #3		25 Jun 13	2	0.03	No Partic #3	01 Jul 13	3	0.09	No Partic #4	08 Jul 13	1	0.08	No Partic #8	14 Jul 13	2	0.07	No Partic #8	14 Jul 13	2	0.07
No Partic #4		25 Jun 13	2	0.03	No Partic #4	01 Jul 13	1	0.03	No Partic #4	08 Jul 13	2	0.15	No Partic #9	14 Jul 13	2	0.08	No Partic #9	14 Jul 13	2	0.08
No Partic #7		25 Jun 13	12	0.21	No Partic #4	01 Jul 13	2	0.06	No Partic #8	08 Jul 13	2	0.15	No Partic #10	15 Jul 13	8	0.20	No Partic #10	15 Jul 13	8	0.20
No Partic #8		25 Jun 13	15	0.26	No Partic #7	01 Jul 13	3	0.09	No Partic #9	08 Jul 13	2	0.15	No Partic #10	15 Jul 13	8	0.20	No Partic #10	15 Jul 13	8	0.20
No Partic #9		25 Jun 13	15	0.26	No Partic #7	01 Jul 13	4	0.12	No Partic #10	09 Jul 13	4	0.13	No Partic #18	15 Jul 13	4	0.10	No Partic #18	15 Jul 13	4	0.10
No Partic #10		25 Jun 13	3	0.08	No Partic #8	01 Jul 13	2	0.06	No Partic #10	09 Jul 13	4	0.13	No Partic #4	15 Jul 13	1	0.03	No Partic #4	15 Jul 13	1	0.03
No Partic #11		25 Jun 13	4	0.11	No Partic #9	01 Jul 13	2	0.06	No Partic #10	09 Jul 13	3	0.09	No Partic #7	15 Jul 13	8	0.20	No Partic #7	15 Jul 13	8	0.20
No Partic #12		28 Jun-10	4	0.11	No Partic #1	02 Jul-10	3	0.17	No Partic #2	09 Jul-10	3	0.09	No Partic #8	15 Jul-10	8	0.20	No Partic #8	15 Jul-10	8	0.20
No Partic #3		28 Jun 13	3	0.08	No Partic #10	02 Jul 13	3	0.17	No Partic #3	09 Jul 13	1	0.03	No Partic #9	15 Jul 13	8	0.20	No Partic #9	15 Jul 13	8	0.20
No Partic #4		28 Jun 13	6	0.16	No Partic #16	02 Jul 13	3	0.17	No Partic #4	09 Jul 13	1	0.03	No Partic #16	16 Jul 13	3	1.00	No Partic #16	16 Jul 13	3	1.00
No Partic #7		28 Jun 13	3	0.08	No Partic #3	02 Jul 13	1	0.06	No Partic #4	09 Jul 13	2	0.06	No Partic #10	19 Jul 13	8	0.24	No Partic #10	19 Jul 13	8	0.24
No Partic #8		28 Jun 13	2	0.05	No Partic #4	02 Jul 13	1	0.06	No Partic #7	09 Jul 13	1	0.03	No Partic #13	19 Jul 13	2	0.06	No Partic #13	19 Jul 13	2	0.06
No Partic #8		28 Jun 13	4	0.11	No Partic #7	02 Jul 13	2	0.12	No Partic #7	09 Jul 13	4	0.13	No Partic #15	19 Jul 13	3	0.09	No Partic #15	19 Jul 13	3	0.09
No Partic #9		28 Jun 13	2	0.05	No Partic #8	02 Jul 13	2	0.11	No Partic #8	09 Jul 13	4	0.20	No Partic #2	19 Jul 13	3	0.09	No Partic #2	19 Jul 13	3	0.09
No Partic #9		28 Jun 13	4	0.11	No Partic #9	02 Jul 13	2	0.11	No Partic #8	09 Jul 13	4	0.13	No Partic #3	19 Jul 13	9	0.27	No Partic #3	19 Jul 13	9	0.27
No Partic #10		29 Jun 13	3	0.11	No Partic #10	05 Jul 13	3	0.20	No Partic #9	09 Jul 13	2	0.06	No Partic #7	19 Jul 13	8	0.24	No Partic #7	19 Jul 13	8	0.24
No Partic #11		29 Jun 13	4	0.15	No Partic #14	05 Jul 13	3	0.20	No Partic #9	09 Jul 13	4	0.13	No Partic #4	20 Jul 13	2	0.18	No Partic #4	20 Jul 13	2	0.18
No Partic #17		29 Jun 13	4	0.15	No Partic #3	05 Jul 13	1	0.07	No Partic #1	12 Jul 13	3	0.08	No Partic #14	20 Jul 13	3	0.18	No Partic #14	20 Jul 13	3	0.18
No Partic #16		29 Jun 13	3	0.11	No Partic #4	05 Jul 13	1	0.07	No Partic #10	12 Jul 13	4	0.11	No Partic #4	20 Jul 13	6	0.55	No Partic #4	20 Jul 13	6	0.55
No Partic #3		29 Jun 13	1	0.04	No Partic #7	05 Jul 13	3	0.20	No Partic #10	12 Jul 13	4	0.16	No Partic #16	21 Jul 13	3	0.14	No Partic #16	21 Jul 13	3	0.14

No	Part	Ship Date	Ordered Qty	Off Dias	Item Id	Ship Date	Ordered Qty	Off Dias	Item Id	Ship Date	Ordered Qty	Off Dias	Item Id	Ship Date	Ordered Qty	Off Dias	Item Id	Ship Date	Ordered Qty	Off Dias
No	Part #5	21 jul 10	2	0.10	No Part #10	11 ago 10	5	0.35	No Part #3	31 ago 10	6	0.14	No Part #5	20 sep 10	4	0.80				
No	Part #6	21 jul 10	5	0.35	No Part #16	11 ago 10	3	0.13	No Part #7	31 ago 10	5	0.19	No Part #10	21 sep 10	5	0.37				
No	Part #9	21 jul 10	5	0.35	No Part #6	11 ago 10	4	0.17	No Part #5	31 ago 10	5	0.19	No Part #2	21 sep 10	3	0.12				
No	Part #15	22 jul 10	3	0.50	No Part #7	11 ago 10	5	0.35	No Part #9	31 ago 10	5	0.19	No Part #4	21 sep 10	6	0.24				
No	Part #5	22 jul 10	2	0.40	No Part #14	12 ago 10	7	0.11	No Part #1	01 sep 10	3	0.33	No Part #7	21 sep 10	5	0.37				
No	Part #15	23 jul 10	7	0.33	No Part #8	12 ago 10	5	0.44	No Part #15	01 sep 10	3	0.33	No Part #12	22 sep 10	5	0.57				
No	Part #6	23 jul 10	4	0.57	No Part #9	12 ago 10	5	0.44	No Part #2	01 sep 10	3	0.33	No Part #15	22 sep 10	3	0.21				
No	Part #12	26 jul 10	5	0.54	No Part #15	13 ago 10	3	0.20	No Part #10	02 sep 10	5	0.36	No Part #16	22 sep 10	3	0.21				
No	Part #16	26 jul 10	3	0.33	No Part #17	13 ago 10	6	0.40	No Part #18	02 sep 10	6	0.27	No Part #1	23 sep 10	3	0.12				
No	Part #15	27 jul 10	3	0.16	No Part #3	13 ago 10	5	0.40	No Part #7	02 sep 10	5	0.36	No Part #11	23 sep 10	5	0.37				
No	Part #8	27 jul 10	5	0.42	No Part #13	16 ago 10	5	0.30	No Part #15	03 sep 10	3	0.11	No Part #13	23 sep 10	2	0.05				
No	Part #9	27 jul 10	5	0.42	No Part #13	16 ago 10	2	0.07	No Part #16	03 sep 10	3	0.11	No Part #14	23 sep 10	2	0.05				
No	Part #10	28 jul 10	5	0.27	No Part #14	16 ago 10	2	0.07	No Part #4	03 sep 10	6	0.21	No Part #17	23 sep 10	6	0.24				
No	Part #15	28 jul 10	4	0.13	No Part #7	16 ago 10	3	0.11	No Part #5	03 sep 10	3	0.29	No Part #6	23 sep 10	4	0.16				
No	Part #4	28 jul 10	6	0.20	No Part #5	16 ago 10	4	0.15	No Part #9	03 sep 10	5	0.29	No Part #16	24 sep 10	3	1.00				
No	Part #9	28 jul 10	4	0.13	No Part #7	16 ago 10	3	0.10	No Part #1	05 sep 10	3	0.21	No Part #10	27 sep 10	5	0.25				
No	Part #7	28 jul 10	5	0.27	No Part #1	17 ago 10	3	0.25	No Part #12	05 sep 10	5	0.37	No Part #15	27 sep 10	3	0.19				
No	Part #16	29 jul 10	3	0.23	No Part #16	17 ago 10	3	0.25	No Part #2	05 sep 10	3	0.21	No Part #3	27 sep 10	6	0.21				
No	Part #3	29 jul 10	6	0.46	No Part #18	17 ago 10	6	0.50	No Part #11	07 sep 10	5	0.53	No Part #5	27 sep 10	4	0.14				
No	Part #6	29 jul 10	4	0.31	No Part #15	18 ago 10	3	0.12	No Part #16	07 sep 10	3	0.20	No Part #7	27 sep 10	5	0.28				
No	Part #13	30 jul 10	2	0.33	No Part #4	18 ago 10	6	0.24	No Part #5	07 sep 10	4	0.27	No Part #18	28 sep 10	6	0.27				
No	Part #15	30 jul 10	3	0.50	No Part #8	18 ago 10	5	0.32	No Part #15	08 sep 10	3	0.12	No Part #18	28 sep 10	5	0.36				
No	Part #10	02 ago 10	5	0.19	No Part #8	18 ago 10	5	0.32	No Part #15	08 sep 10	5	0.24	No Part #9	28 sep 10	5	0.36				
No	Part #13	02 ago 10	6	0.14	No Part #14	20 ago 10	2	0.14	No Part #8	08 sep 10	5	0.32	No Part #10	29 sep 10	5	0.42				
No	Part #5	02 ago 10	4	0.10	No Part #16	20 ago 10	3	0.21	No Part #9	08 sep 10	5	0.32	No Part #2	29 sep 10	3	0.16				
No	Part #7	02 ago 10	5	0.19	No Part #7	20 ago 10	6	0.43	No Part #13	09 sep 10	2	0.25	No Part #7	29 sep 10	5	0.42				
No	Part #8	02 ago 10	5	0.19	No Part #2	20 ago 10	3	0.21	No Part #14	09 sep 10	2	0.25	No Part #1	30 sep 10	3	1.00				
No	Part #9	02 ago 10	5	0.19	No Part #1	23 ago 10	3	0.19	No Part #6	09 sep 10	4	0.50								
No	Part #16	03 ago 10	3	1.00	No Part #13	23 ago 10	3	0.13	No Part #10	10 sep 10	5	0.42								
No	Part #10	03 ago 10	5	0.32	No Part #14	23 ago 10	2	0.13	No Part #16	10 sep 10	3	0.16								
No	Part #13	04 ago 10	3	0.12	No Part #15	23 ago 10	3	0.19	No Part #7	10 sep 10	5	0.42								
No	Part #3	04 ago 10	6	0.24	No Part #3	23 ago 10	6	0.38	No Part #15	13 sep 10	3	0.10								
No	Part #6	04 ago 10	5	0.32	No Part #8	24 ago 10	5	0.47	No Part #17	13 sep 10	6	0.19								
No	Part #2	05 ago 10	3	0.33	No Part #9	24 ago 10	5	0.43	No Part #4	13 sep 10	6	0.19								
No	Part #4	05 ago 10	6	0.67	No Part #10	26 ago 10	5	0.29	No Part #8	13 sep 10	5	0.26								
No	Part #7	05 ago 10	3	0.10	No Part #14	26 ago 10	2	0.07	No Part #9	13 sep 10	5	0.26								
No	Part #11	06 ago 10	5	0.26	No Part #4	26 ago 10	6	0.21	No Part #10	14 sep 10	5	0.42								
No	Part #16	06 ago 10	3	0.19	No Part #6	26 ago 10	4	0.14	No Part #2	14 sep 10	3	0.16								
No	Part #8	06 ago 10	5	0.26	No Part #7	26 ago 10	5	0.29	No Part #7	14 sep 10	5	0.42								
No	Part #9	06 ago 10	5	0.26	No Part #13	27 ago 10	2	0.25	No Part #1	15 sep 10	3	0.50								
No	Part #15	09 ago 10	3	0.33	No Part #15	27 ago 10	3	0.38	No Part #16	15 sep 10	3	0.50								
No	Part #18	09 ago 10	6	0.57	No Part #16	27 ago 10	3	0.38	No Part #13	17 sep 10	2	0.11								
No	Part #10	10 ago 10	5	0.33	No Part #16	30 ago 10	3	1.00	No Part #14	17 sep 10	2	0.11								
No	Part #12	10 ago 10	5	0.33	No Part #10	31 ago 10	5	0.19	No Part #15	17 sep 10	2	0.16								
No	Part #13	10 ago 10	2	0.28	No Part #13	31 ago 10	2	0.05	No Part #18	17 sep 10	6	0.32								
No	Part #4	10 ago 10	6	0.25	No Part #14	31 ago 10	2	0.05	No Part #3	17 sep 10	5	0.32								

Rechazos Internos Agosto Diciembre 2010



Rango1	Frecuencia	% Acum	Rango2	Frequency	% Acum
0.25	28	10.14%	0.75	77	27.90%
0.75	77	38.04%	1.25	56	48.19%
1.25	56	58.33%	1.75	38	61.96%
1.75	38	72.10%	2.25	28	72.10%
2.25	26	81.52%	2.75	26	81.52%
2.75	9	84.78%	3.25	15	86.96%
3.25	15	90.22%	3.75	9	90.22%
3.75	6	92.39%	4.25	9	93.48%
4.25	9	95.65%	4.75	6	95.65%
4.75	1	96.01%	5.25	4	97.10%
5.25	4	97.46%	5.75	3	98.19%
5.75	1	97.83%	6.25	3	99.28%
6.25	0	97.83%	6.75	1	99.54%
6.75	0	97.83%	7.25	1	100.00%
7.25	3	98.91%	7.75	0	100.00%
7.75	0	98.91%	8.25	0	100.00%
8.25	3	100.00%	More	0	100.00%
More	0	100.00%	More	0	100.00%

Turnos Disponibles 1638
 Turnos con Defectos 277
 % Defectuosas 17%