

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY
CAMPUS MONTERREY**

**DIVISION DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERÍA**



**TECNOLÓGICO
DE MONTERREY®**

**“METODOLOGÍA INTEGRAL DE IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA DE
MANUFACTURA ESBELTA”**

TESIS

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

**MAESTRO EN CIENCIAS
ESPECIALIDAD EN SISTEMAS DE CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD**

POR:

ROSALBA SÁNCHEZ UGALDE

MONTERREY, N.L.

DICIEMBRE DE 2005

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecerle mucho a Dios por permitirme terminar esta investigación y darme la fortaleza necesaria para vencer los obstáculos que se me presentaron durante el camino.

A mis papás y a mi hermana por estar conmigo incondicionalmente en todo momento y por hacerme creer que en la vida todo se puede lograr siempre y cuando esté convencida de lo que estoy realizando.

A mi asesor Jorge Limón porque no solo con su ejemplo y su sabiduría me ayudó a realizar esta investigación, sino que también aprendí de él otros valores como la honestidad, la congruencia, la justicia y la humildad.

A mis sinodales Ing. Rangel y Dr. Mohammad, por enriquecer esta investigación con sus conocimientos y experiencias en el tema.

A mis amigas y amigos que con su amistad y su apoyo incondicional, fueron parte importante para que esta investigación saliera adelante de una manera menos pesada y más amena.

Y a todas aquellas personas que de manera directa e indirecta se presentaron en mi camino y también formaron parte del desarrollo de esta tesis.

Muchas gracias a todos.

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY
CAMPUS MONTERREY**

**DIVISION DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERIA**

Los miembros del Comité de Tesis recomendamos que la presente Tesis del Ing. Rosalba Sánchez Ugalde, sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado académico de:

**Maestro en Ciencias con especialidad en
Sistemas de Calidad y Productividad**

Comité de Tesis:

Jorge Limón Robles, Ph.D.

Asesor

Mohammad Reza Azarang Esfandiari, Ph.D.

Sinodal

José Rangel Gómez, M.C.

Sinodal

Aprobado:

Federico Viramontes Brown, Ph.D.
Director del Programa de Graduados en Ingeniería
Diciembre del 2005

DEDICATORIA

*Quiero dedicar esta investigación a las personas
que más amo en la vida y que siempre han creído en mí:
A Dios, a mis papás y a mi hermana.*

*También quiero dedicárselo a mis Angelitas de la guarda
que estuvieron a mi lado cuando más las necesité:
A Kryss, Yani, Carol, Gaby e Ivonne.*

Índice General

Dedicatoria.....	i
Agradecimientos.....	ii
Índice General.....	iii
Índice de figuras.....	vi
Índice de tablas.....	viii
Índice de gráficas.....	x

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción.....	1
1.2 Antecedentes.....	2
1.2.1 Contexto Económico.....	2
1.1.2 Antecedentes de Concepto.....	4
1.3 Planteamiento del Problema.....	6
1.4 Objetivos.....	8
1.4.1 Objetivo general.....	8
1.4.2 Objetivos específicos.....	8
1.5 Hipótesis.....	9
1.6 Preguntas de investigación.....	10
1.7 Justificación.....	10
1.8 Alcance y limitaciones.....	15

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Ciencia de la Manufactura Esbelta.....	17
2.1.1 Fundamentos.....	17
2.1.2 Principios.....	21
2.1.3 Herramientas de Mejora.....	23
2.1.4 Beneficios.....	40
2.2 Metodologías del Sistema de Manufactura Esbelta.....	41
2.2.1 Administración de la Cadena de Valor (VSM).....	41
2.2.2 Física de la Fábrica (Factory Physiscs).....	47
2.2.3 LeanView.....	48

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA PROPUESTA

3.1 Fase Preparación	52
3.1.1 Paso 1: Compromiso con “Manufactura Esbelta”	53
3.1.2 Paso 2: Selección del flujo de valor a analizar	56
3.1.3 Paso 3: Aprender acerca de “Manufactura Esbelta”	59
3.2 Fase de Análisis	59
3.2.1 Paso 4: Definición de objetivos y resultados esperados	60
3.2.2 Paso 5: Análisis de la Demanda	61
3.2.3 Paso 6: Análisis Financiero	66
3.2.1 Paso 7: Análisis del flujo de valor del Estado Actual	72
3.2.2 Paso 8: Diseño del Estado Futuro	90
3.3 Fase de Implementación	105
3.3.1 Paso 9: Plan de Acción	105
3.3.2 Paso 10: Búsqueda de la Perfección	107

CAPITULO IV. CASO PRÁCTICO

4.1 Fase Preparación	110
4.1.1 Paso 1: Compromiso con “Manufactura Esbelta”	110
4.1.2 Paso 2: Selección del flujo de valor a analizar	110
4.1.3 Paso 3: Aprender acerca de “Manufactura Esbelta”	114
4.2 Fase de Análisis	115
4.2.1 Paso 4: Definición de objetivos y resultados esperados	115
4.2.2 Paso 5: Análisis de la Demanda	116
4.2.3 Paso 6: Análisis Financiero	119
4.2.1 Paso 7: Análisis del flujo de valor del Estado Actual	127
4.2.2 Paso 8: Diseño del Estado Futuro	149
4.3 Fase de Implementación	159
4.3.1 Paso 9: Plan de Acción	159
4.3.2 Paso 10: Búsqueda de la Perfección	161
4.4 Conclusiones del Caso Práctico	161

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones	162
5.2 Recomendaciones	164

ANEXOS

Anexo 1. Lista de las principales funciones Justo a Tiempo 165
Anexo 2. Cinco fases de desarrollo de la producción Justo a Tiempo 170
Anexo 3. Diagrama de flujo de proceso para cada estación 171
Anexo 4. Herramienta para cálculo de métricas para cada estación 180
Anexo 5. Resumen de resultados “Mapa Estado Actual” 190
Anexo 6. Resumen de resultados “Mapa Estado Futuro” 192

BIBLIOGRAFÍA.....194

Índice de Figuras

Figura 1-1. Precio deseado vs Precio mercado [Tapping et al., 2002]	11
Figura 1-2. Principio de reducción de costos [Tapping et al., 2002]	11
Figura 1-3. Brecha entre las actividades que agregan y no agregan valor [Wood, 2004]	12
Figura 1-4. Porcentaje de industrias manufactureras por tamaño de empresa [Secretaría de Economía, 2001]	14
Figura 2-1. Mapa conceptual del marco teórico	16
Figura 2-2. Casa de TPS [Womack et al., 2004]	18
Figura 2-3. Casa “Manufactura Esbelta” [Waldrip et al., 2002]	39
Figura 2-4. Relación de VSM con altos directivos y con la gete de piso [Tapping et al., 2002]	42
Figura 2-5. Metodología de “Administración de la Cadena de Valor” [Tapping et al., 2002]	42
Figura 2-6. Las tres etapas de aplicación de Manufactura Esbelta [Tapping et al., 2002]	45
Figura 2-7. Alcance de la Física de la Fábrica [Hopp et al., 2001]	47
Figura 2-8. Pasos de Implementar Leanview [Orlando, 2005]	49
Figura 3-1. Metodología propuesta de implantación del Sistema de Manufactura Esbelta	52
Figura 3-2. Modelo Kano [Wood, 2004]	75
Figura 3-3. Mapa actual del proceso [Orlando, 2005]	78
Figura 3-4. Mapa del estado actual del proceso completo	90
Figura 3-5. Cascada de “Política de Desarrollo” [Wood, 2004]	108
Figura 4-1. Recuadro de objetivos y expectativas lleno	115
Figura 4-2. Tabla General	115
Figura 4-3. Tabla de Tiempo de trabajo	116
Figura 4-4. Tabla de demanda del cliente	117
Figura 4-5. Tabla de demanda del cliente e ingresos por periodo	120

Figura 4-6. Tabla de materia prima	121
Figura 4-7. Tabla ROKA de costos fijos	121
Figura 4-8. Tabla ROKA de costos de mano de obra	122
Figura 4-9. Tabla ROKA de costos de energía	122
Figura 4-10. Tabla ROKA de otros costos	123
Figura 4-11. Tabla de activos del recuadro ROKA	125
Figura 4-12. Análisis ROKA	126
Figura 4-13. Mapa del estado actual de la familia “Zapata”	135
Figura 4-14. Tabla de métricas estándar del proceso de Corte Tabla	138
Figura 4-15. Tabla de métricas estándar del proceso de Corte Costilla	138
Figura 4-16. Tabla de métricas estándar del proceso de Perforado Costilla	138
Figura 4-17. Tabla de métricas estándar del proceso de Rolado	139
Figura 4-18. Tabla de métricas estándar del proceso de Planchado	139
Figura 4-19. Tabla de métricas estándar del proceso de Ensamble	139
Figura 4-20. Tabla de métricas estándar del proceso de Soldado	140
Figura 4-21. Tabla de métricas estándar del proceso de Pulido	140
Figura 4-22. Tabla de métricas estándar del proceso de Lavado	140
Figura 4-23. Tabla de métricas estándar del proceso de Pintado	141
Figura 4-24. Mapa del estado actual completo	142
Figura 4-25. Análisis ROKA de Leanview	143
Figura 4-26. Mapa de flujo del estado futuro de la compañía	155
Figura 4-27. Análisis ROKA de Leanview	156

Índice de Tablas

Tabla 1-1. Identificación de las actividades en un proceso de manufactura [Peterman, 2001]	13
Tabla 2-1. Clasificación de desperdicios [Wood, 2004]	21
Tabla 3-1. Ejemplo de EBIT	67
Tabla 3-2. Ejemplo de tabla para calcular costo de materia prima	68
Tabla 3-3. Métricas estándar de proceso para factores claves de ROKA de costos	81
Tabla 3-4. Métricas estándar de proceso para factores claves de ROKA de activos	81
Tabla 3-5. Herramienta de cálculo de métricas estándar de proceso	82
Tabla 3-6. Fórmulas para determinar el tiempo efectivo del proceso [Hopp et al., 2001]	85
Tabla 3-7. Herramienta de factores claves de ROKA de costos	92
Tabla 3-8. Herramienta de factores claves de ROKA de activos	93
Tabla 3-9. Plan Kaizen mensual	106
Tabla 3-10. Actividades por evento Kaizen	106
Tabla 4-1. Lista de porcentaje de ventas por tipo de producto por orden de alto volumen	111
Tabla 4-2. Demanda por tipo de producto	117
Tabla 4-3. Valor de los inventarios en pesos (MP, WIP, PT)	124
Tabla 4-4. Valor de las cuentas por cobrar	124
Tabla 4-5. Valor de los activos fijos	125
Tabla 4-6. Resultados de los indicadores del análisis ROKA	126
Tabla 4-7. Desglose de Costos	144
Tabla 4-8. Desglose de Inventarios	145
Tabla 4-9. Costo de máquinas utilizadas en la producción de la Familia "Zapata"	146
Tabla 4-10. Desglose de los tres activos claves	146

Tabla 4-11. Resultados de los indicadores del análisis ROKA	147
Tabla 4-12. Tiempo Takt para cada operación	147
Tabla 4-13. Resultado de métricas estado actual	148
Tabla 4-14. Herramienta de factores claves de ROKA (costos)	150
Tabla 4-15. Herramienta de factores claves de ROKA (costos)	153
Tabla 4-16. Objetivos de mejora	156
Tabla 4-17. Resultados de los costos del análisis ROKA	157
Tabla 4-18. Resultados de los activos del análisis ROKA	157
Tabla 4-19. Resultados de los indicadores del análisis ROKA	157
Tabla 4-20. Tiempo Takt para cada operación	157
Tabla 4-21. Resultado de métricas estado futuro	158
Tabla 4-22. Resultado de una celda de manufactura	159
Tabla 4-23. Resultado de métricas estándar de la cadena de valor	159
Tabla 4-24. Plan Kaizen mensual	160
Tabla 4-25. Actividades para el evento Kaizen “Aprovechamiento de Materia Prima”	160

Índice de Gráficas

Gráfica 4-1. Diagrama de Pareto de las ventas del 2004	111
Gráfica 4-2. Familia de productos ordenados por porcentaje de volumen	113
Gráfica 4-3. Diagrama Pareto por tipo de Costo	145
Gráfica 4-4. Activos clave de la compañía	147
Gráfica 4-5. Tiempo de Flujo vs Tiempo Takt estado actual	148
Gráfica 4-6. Tiempo de Flujo vs Tiempo Takt estado futuro	158

CAPÍTULO I. Introducción**1.1 Introducción**

En las últimas décadas, las condiciones comerciales han cambiado significativamente. El avance tecnológico que se ha dado en los medios de comunicación ha facilitado las transacciones de los negocios en diferentes partes del mundo, por lo que cada vez más industrias van adquiriendo un carácter global. Esto ha propiciado una mayor competencia en los mercados, es decir, el número de competidores aumenta y las exigencias de los clientes son mayores.

Por esta razón, las industrias de clase mundial han tenido que ir desarrollando mejores sistemas de producción y añadiendo nuevas herramientas y sistemas de mejora, como lo es el Sistema de Manufactura Esbelta. Este sistema surgió inicialmente en Toyota como un conjunto de principios y herramientas de mejora que se fueron propagando con rapidez, pero sin embargo no existía una metodología clara de implantación.

Posteriormente surgen algunas metodologías de implantación como La Administración de la Cadena de Valor (Tapping, Luyster y Shuker, 2002). Y aunque esta metodología presenta un plan global muy claro, se puede observar que todavía hay pasos de la metodología que no están bien explicados. Además de que ésta, no refleja de manera económica los beneficios de implementar un sistema de Manufactura Esbelta.

Sin embargo, han surgido otras alternativas que complementan las deficiencias de esta metodología, como la que Hopp & Spearman muestran en su libro *Factory Physics* (Hopp y Spearman, 2001). Ellos presentan un buen modelado operacional que permite definir y estimar algunas métricas de Manufactura Esbelta. O como la alternativa de Orlando Group en su software de *LeanView* (Orlando, 2005) que introduce un modelado financiero del sistema, que permite cuantificar en forma

global el impacto económico de la implantación del sistema de Manufactura Esbelta.

Por lo que a partir de estas circunstancias surge la necesidad de contar con una metodología integral de implantación de Manufactura Esbelta que proponga un plan global claro, que presente a detalle los pasos críticos de la metodología tales como la definición de métricas y propuestas de solución y que cuente con herramientas de modelado que permitan estimar los beneficios concretos que se obtendrán, tanto desde un punto de vista operacional como desde un punto de vista financiero.

1.2 Antecedentes

1.2.1 Contexto Económico

En el 2001 ocurrió en Estados Unidos un atentado que repercutió significativamente en el crecimiento económico de éste país, y en consecuencia también se vieron afectados los países con fuertes relaciones comerciales con Estados Unidos. México por su estrecha relación comercial se vio afectado y su tasa de crecimiento disminuyó significativamente, especialmente en áreas como en la manufacturera.

En el 2003 se mantuvieron las repercusiones negativas para la industria manufacturera. Continuó la caída en producción derivada de la reducción de exportaciones y de productos para el mercado interno. Aunque hubo ganancias en productividad no fueron suficientes para enfrentar con éxito el nuevo escenario de competencia internacional.

La manufactura de transformación (sin maquila), fue el segmento que mayor deterioro productivo sufrió durante el 2003, en el transcurso de los primeros tres años del siglo la reducción acumulada de la producción ha sido considerable: 6.4%. La causa principal de la pérdida de producción tiene origen externo. La

caída del mercado de los EUA provocó una disminución importante de nuestras exportaciones (-3.3% acumulado en los últimos tres años). Eso motivó una fuerte pérdida de empleos que terminó por afectar las manufacturas para mercado interno (Rocha y Vieyra, 2004).

El mal resultado productivo de la manufactura (sin maquila) ha sido consecuencia de una combinación de las malas condiciones de los mercados interno y externo. La producción para mercado interno (PMI) representa cerca del 75% del valor agregado bruto (sin maquila) y es, por tanto, el principal contribuyente a la dinámica de la manufactura. La reducción de 2.1% de la PMI en el 2003 explica el 80% de la contracción manufacturera (Rocha et al., 2004).

Varios factores explican el deterioro del mercado interno: el bajo ritmo de las exportaciones ha frenado la demanda de insumos nacionales para las empresas exportadoras, el empleo se ha estancado y hay deterioro en su calidad y la proporción de las importaciones en el consumo doméstico aumenta. En consecuencia la producción nacional reduce su participación en la demanda interna, por lo que el componente importado en el mercado nacional manufacturero (bienes finales e intermedios) pasó de 29.5% en 1998 a 34.9% en el 2003 (Rocha et al., 2004).

La evolución de las exportaciones de manufactura (sin maquila) se encuentra condicionada tanto al desempeño del mercado de los EUA como al aumento de la competitividad internacional. Además del caso automotriz, la mayor competencia internacional en otros segmentos manufactureros ha contribuido a disminuir el grado de respuesta de la reactivación de los envíos mexicanos, como la agresiva penetración en el mercado de importaciones que tienen países como China (Dussel, 2001).

Para enfrentar las nuevas circunstancias, las empresas mexicanas requieren tanto del apoyo del gobierno como también de herramientas y sistemas de mejora que los ayuden a competir mejor a nivel global.

Sobre el apoyo del gobierno, en los últimos años, y particularmente desde finales de los noventa, se percibe un creciente e intenso debate en torno a la necesidad de una política industrial y empresarial que responda a los crecientes retos del aparato productivo establecido en México (Dussel, 2001). Pero este debate no se ha logrado plasmar, por lo que las industrias manufactureras mexicanas tienen que hacer uso de otras estrategias como el implementar un sistema de mejora, que busque reducir sus costos al máximo, aumentar la calidad de sus productos y mejorar su servicio al cliente.

Y un sistema de mejora que podría ayudar a que las industrias mexicanas puedan ser competitivas y que respondan a los retos de la globalización es el Sistema de Manufactura Esbelta. Sin embargo, las industrias mexicanas que en su mayoría se concentran en pequeñas y medianas, necesitarán apoyarse en una metodología no solo fácil de implementar, sino que también tenga un análisis financiero que respalde los beneficios que se obtendrán al implementar un sistema como éste. No solo porque entre más pequeña sea la industria hay menos credibilidad, sino que el objetivo de implementar un sistema de mejora se basa principalmente en la reducción de costos y un aumento en las ganancias.

1.2.3 Antecedentes de Conceptos

Un sistema de Manufactura Esbelta se define como un sistema de herramientas que buscan eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere. Reduce de manera continua los desperdicios y mejora las operaciones, basándose siempre en el respeto al trabajador.

Nació en Japón como un nuevo enfoque filosófico y técnicas renovadas de manufactura, comienza como un mal imitador de los sistemas occidentales y termina por crear su propio sistema, basado en los trabajos de los grandes gurús

del Sistema de Producción Toyota: William Edward Deming, Taiichi Ohno, Shigeo Shingo, Eijy Toyoda entre algunos (Womack, Jones y Ross, 1990).

Para llegar a lo que ahora se le denomina “Pensamiento Esbelto”, primero inició con el “Justo a Tiempo” (1976), luego surge el Sistema de Producción Toyota (TPS), donde después se convierte como Manufactura Esbelta (1990) y termina en lo que ahora se denomina “Pensamiento Esbelto”.

En sus inicios, la Manufactura Esbelta fue denominado como “Justo a Tiempo” (JIT) ya que buscaba que el valor fluyera hacia el cliente en forma continua, justo cuando el cliente lo requiriera y en la cantidad que él lo requiriera (Tapping et al., 2002). Para lograr JIT, Toyota fue desarrollando todo un conjunto de conceptos y herramientas que después compartió con otras empresas. Se le empezó a reconocer como “Toyota Production system(TPS)”.

En 1990, James Womack acuña el termino “Manufactura Esbelta” para referirse a un paradigma de manufactura basado en el TPS. En trabajos posteriores se reconoce que este enfoque aplica no sólo a empresas de manufactura y se extiende a otros ámbitos como Servicio Esbelto, Empresa Esbelta, Cadena de Suministro Esbelta, Gobierno Esbelto y en general “Pensamiento Esbelto”. (Wood, 2004)

A medida a que ha ido evolucionando el Sistema de Manufactura Esbelta también van surgiendo diversas metodologías de implantación para favorecer el éxito y la sostenibilidad del esfuerzo. Una de las más recientes es la “Administración de la Cadena de Valor”.

La Administración de la Cadena de Valor es un proceso para planear y ligar las iniciativas de “Manufactura Esbelta” a través de datos capturados y analizados sistemáticamente. Su objetivo es maximizar el flujo de valor a través de la continua

eliminación de los desperdicios, definiendo valor como todo aquello que hace que el cliente valore el producto y pague por el (Tapping et al., 2002).

1.3 Planteamiento del Problema

Aunque el Sistema de Manufactura Esbelta sigue siendo implementado por muchas empresas importantes, es una realidad que a la fecha no existe una metodología uniforme de implantación.

Una de las más conocidas es “La Administración de la Cadena de Valor” (Tapping et al., 2002). Ésta metodología presenta un plan global muy claro que inicia desde la toma de conciencia y compromiso de la empresa con la filosofía esbelta hasta su implantación. Desgraciadamente, se puede observar que todavía hay pasos de la metodología que están muy escuetos, especialmente pasos críticos para el éxito de la misma tales como la definición de las métricas y la propuesta de soluciones. Esto puede causar una gran variabilidad en la magnitud de las mejoras resultantes.

Adicionalmente, no incluye pasos concretos ni herramientas para estimar en forma cuantitativa los beneficios potenciales operativos y financieros que se obtendrán de cada posible mejora, lo cual puede conducir a expectativas equivocadas del resultado del esfuerzo, que si son demasiado altas produce decepción al evaluar los resultados obtenidos y si son demasiado bajas, impide darle la importancia debida a la estrategia de mejora.

Como respuesta a esto, han surgido otras alternativas que subsanan algunas de estas deficiencias, pero que sufren de otras. Hopp & Spearman resaltan en su libro Física de la Fábrica (Hopp et al., 2001) la necesidad de un buen modelo operacional que permita estimar los beneficios operativos de una implantación de Manufactura Esbelta y presentan un conjunto de “leyes” de dinámica fabril que permiten entender la relación entre las variables de control de un sistema de manufactura y sus principales indicadores operativos. Tanto estas leyes, como el

conjunto de herramientas de software que proveen a través del Lean Physics Institute son un excelente aporte para el modelado operacional que permite identificar los puntos clave para la mejora. Sin embargo, no presentan una metodología de implantación de Manufactura Esbelta clara.

Otro aporte importante lo hace Orlando Group con su software LeanView (Orlando, 2005). Este software provee una excelente herramienta de “Mapeo de la Cadena de Valor” (uno de los pasos clave de Value Stream Management). Su software no solo permite dibujar los mapas con la simbología convencional, sino que incluye plantillas para facilitar la introducción de datos y el cálculo de métricas. Uno de sus grandes aciertos es que incluye en forma estándar varias métricas de propósito general que facilitan la identificación de los desperdicios más usuales. Aunque es un poco restrictivo para introducir otras métricas, el conjunto propuesto es razonablemente completo y permite estandarizar los resultados obtenidos del análisis por diferentes personas.

Otro gran acierto de Leanview, ausente en la mayoría de las metodologías conocidas de Manufactura Esbelta, es la inclusión de un análisis financiero previo al mapeo que permite identificar los componentes claves en la distribución de los costos de la compañía y el efecto de los activos (maquinaria, cuentas por cobrar e inventarios) sobre los resultados financieros de la misma. Este análisis permite estimar a priori la magnitud del impacto financiero de cualquiera de las estrategias de mejora.

Sin embargo, su modelado operacional dista mucho de alcanzar los niveles propuestos por Hopp & Spearman (Hopp et al., 2001), además de, al igual que este, adolece de un plan global claro.

Por lo tanto, se necesita saber:

¿Qué deberá de incluir una metodología integral de implantación de Manufactura Esbelta que proponga un plan global claro, que presente a detalle los pasos críticos de la metodología y además que cuente con herramientas de modelado operacional y financiero, que permitan estimar los beneficios de las estrategias de mejora factibles y priorizar su implantación?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General:

Diseñar una metodología integral de implantación de Manufactura Esbelta que incluya:

- Un plan de implantación integral (hoja de ruta).
- Un análisis financiero que permita visualizar los factores clave para los resultados financieros.
- Un conjunto mínimo predefinido de métricas de propósito general que permitan identificar las principales áreas de oportunidad y flexibilidad para incorporar métricas particulares que puedan ser de utilidad en cada caso concreto.
- Un Modelado operacional que muestre el impacto de cada proceso sobre las métricas globales.
- Una herramienta de análisis que permita diseñar y planear las acciones de mejora con base a lo anterior.

1.4.2 Objetivos específicos:

- Investigar metodologías cuantificables que reporta la literatura.
- Investigar los beneficios tangibles e intangibles que reportan los gurús en el tema de Manufactura Esbelta y clasificar los beneficios.

- Recabar los métodos que son utilizados por expertos en el Sistema de Manufactura Esbelta para cuantificar los beneficios de las diferentes estrategias de mejora.
- Proponer una metodología integral de implantación de Manufactura Esbelta.
- Validar le metodología con un caso práctico.

1.5 Hipótesis

Con este estudio se validarán o rechazarán las siguientes hipótesis planteadas:

- ❖ Ho: Las mejoras pueden ser cuantificables a priori mediante una herramienta simple

Variable Independiente: La herramienta de cuantificación

Variable Dependiente: La cuantificación de los beneficios

- ❖ H1: La herramienta para cuantificar los beneficios tangibles permitirá detectar cuáles herramientas de mejora de la Manufactura Esbelta se deben utilizar en las industrias de Manufactura.

Variable Independiente: Herramienta para cuantificar los beneficios

Variable Dependiente: Seleccionar las herramientas de mejora prioritarias

- ❖ H2: La metodología propuesta facilitará la implementación del Sistema de Manufactura Esbelta.

Variable Independiente: Metodología propuesta

Variable Dependiente: Implementación del Sistema de Manufactura Esbelta

1.6 Preguntas de Investigación

Para poder llevar a cabo el estudio de la problemática se plantearon preguntas de tipo documental. Éstas están compuestas por una serie de preguntas enfocadas a los beneficios obtenidos con la implantación del Sistema de Manufactura, las metodologías de implantación existentes y métodos de cuantificación de los beneficios. A continuación se presentan las preguntas que se harán.

Documental

- ¿Qué es Manufactura Esbelta?
- ¿Cuáles son las herramientas de mejora de la Manufactura Esbelta y cuál es su uso?
- ¿Cuáles son los beneficios de un sistema de Manufactura Esbelta?
- ¿Cuál son las metodologías de implantación de Manufactura Esbelta que existen?
- ¿En qué consiste la metodología de implantación “Administración de la Cadena de Valor”?
- ¿Cuáles son los beneficios que se reportan al utilizar esta metodología?
- ¿Existe alguna estimación cuantitativa para cada una de las herramientas de mejora de la Manufactura Esbelta?

1.7 Justificación

De acuerdo al contexto del sector manufacturero, hemos tenido una decaída en la productividad tanto en el mercado interno (producción para México) como en el externo (Producción para exportar). Y su principal motivo se debe a la competencia internacional y a la caída de importaciones por parte de Estados Unidos.

Esto ha propiciado una mayor competencia en la mayoría de los mercados. El número de competidores aumenta y las exigencias de los clientes son mayores como calidad superior, reducción de costos, tiempos de entrega y mejor servicio al cliente. Bajo estas condiciones la forma tradicional de pensar sobre las utilidades empieza a mostrar debilidades (Tapping et al., 2002):

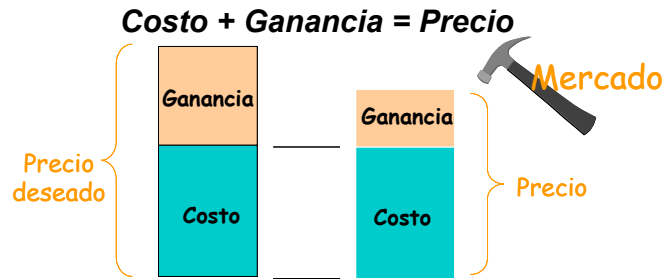


Figura 1-1. Precio deseado vs Precio mercado

Cuando el precio es forzado a la baja por el mercado, la salud financiera del negocio se ve amenazada. Bajo estas circunstancias, “La única alternativa para mantener la rentabilidad del negocio es reducir los costos eliminando los desperdicios” (Tapping et al., 2002).

Y a medida que se eliminan los desperdicios los costos disminuirán, con el correspondiente incremento en la ganancia (ver figura 1-2).

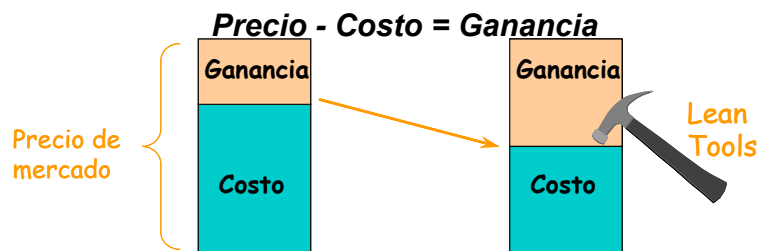


Figura 1-2. Principio de reducción de costos

Por lo que hoy en día es imperativo ganar agilidad y eficiencia operativa para competir fuertemente en los mercados. La Manufactura Esbelta engloba una serie de principios operativos y técnicas que ayudan a las compañías a reducir cualquier

desperdicio existente, como pueden ser excesos de inventarios, deficiencias en calidad, tiempos muertos, sobrepoblación en las plantas y una infinidad de ineficiencias operativas existentes. La compañía ideal, ante un entorno tan competido, necesita ser cada vez más eficiente e identificar cualquier elemento que no de valor a la operación y eliminarlo, para de esta forma lograr una organización ágil y esbelta (Esquivel, 2003).

La clave de eliminar todo aquello que no agrega valor a la operación es por el porcentaje que éste representa en un día laboral. Un proceso típico, desperdicios, o actividades que no agregan valor, pueden llegar a ser el 95% del día laboral. Tradicionalmente, se concentraban en la mejora de la productividad laboral, es decir, del 5% de las actividades que agregan valor, mientras se ignoraba del gran potencial que había con la eliminación de desperdicio (Wood, 2004). Ver figura 1-3.



Figura 1-3. Brecha entre las actividades que agregan y no agregan valor

Si las actividades que agregan valor son “utilidad” y las actividades que no agregan valor son “costos”, entonces quiere decir que con los porcentajes presentados se ve reflejado el desequilibrio que existe entre lo que genera dinero y lo que genera costo. A continuación en la Tabla 1 se presentan las funciones que agregan valor y cuales no agregan valor (Peterman, 2001). Y se puede

observar que solo el 25% agregan valor y el 75% de las funciones solo generan costo. Por lo tanto, es importante eliminar las operaciones que no agregan valor para reducir costos y por lo tanto ser competitivo.

<i>Función</i>	<i>Actividad en el Proceso</i>	<i>Resultados</i>
<i>Procesado</i>	<i>Actividades de Manufactura que Cambian las características Físicas</i>	<i>Agregan valor \$\$</i>
<i>Transportación</i>	<i>Movimientos necesarios hacia la siguiente actividad que agrega valor</i>	<i>Agrega costo \$\$</i>
<i>Almacenaje</i>	<i>Amortiguador (buffer) mínimo para Balancear y Optimizar el Flujo</i>	<i>Agrega costo \$\$</i>
<i>Inspección</i>	<i>aseguramiento de la calidad en cada actividad.</i>	<i>Agrega costo \$\$</i>

Tabla 1-1. Identificación de las actividades en un proceso de manufactura

Con base al contexto del sector manufacturero en México y a que la producción para mercado interno (PMI) representa cerca del 75% del valor agregado bruto (sin maquila) y es, por tanto, el principal contribuyente a la dinámica de la manufactura; se deben de tomar medidas drásticas que conviertan a las industrias manufactureras mexicanas competitivas en el mercado interno y en el externo.

Por lo que si se lograra aumentar la reducción que hubo en el 2003 de 2.1%, podría lograr que el 80% que hubo de contracción manufacturera vuelva a levantarse y por lo tanto generar nuevos empleos y mejor economía en el país (Rocha et al., 2004). Por lo que este estudio no solo beneficiará a aquellas industrias que se encuentran en contracción sino aquellas que todavía luchan por mantenerse en el mercado. Para enero del 2001 se contaba con 219,681 empresas manufactureras donde el 90% eran microempresas y tan solo el 1% eran empresas grandes (Secretaría de Economía, 2001). Ver Figura 1-4.

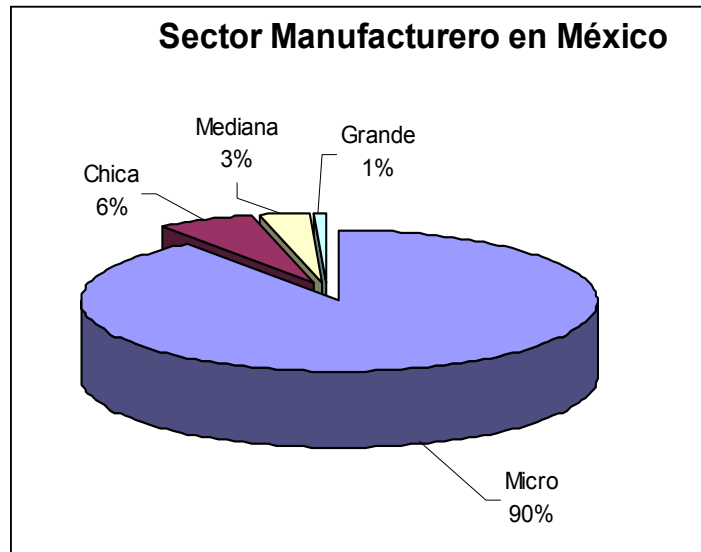


Figura 1-4. Porcentaje de industrias manufactureras por tamaño de empresa

Es importante mencionar los beneficios que las organizaciones han obtenido al implantar un sistema de Manufactura Esbelta. A continuación se presentan los beneficios que obtuvo una empresa mediana de fabricación de automóviles localizada en la región central de Estados Unidos al implantar con éxito este sistema. En el estudio que se realizó a esta empresa se pudo concluir que después de tres años de haber implementado este sistema logró reducir el tiempo de ciclo de la fabricación de un lote de 30 días a 16 días y siguen reduciendo ese tiempo; en promedio, los tiempos de preparación en la mayoría de las áreas de la planta se redujo a la mitad; recientemente, 5 prototipos de trabajo fueron desarrollados para el cliente en 10 semanas cuando años atrás se tardaban 10 meses. También el sistema interno de "jalar" es efectivo en más de un 90% de los productos que se fabrican por programación (solo el servicio utiliza la programación tradicional). Ahora, la mayoría de su trabajo de ensamblado está organizado en celdas flexibles. Con algunos de los beneficios mencionados por la implantación del sistema de Manufactura Esbelta se logró que la administración esté muy contenta con el éxito del sistema y está comprometida a implementar el sistema en toda la organización (Motwani, 2003).

Esta investigación además de que podría beneficiar a la industria manufacturera por todo lo mencionado anteriormente, cuenta con un valor teórico debido a que no solo se está proponiendo una metodología integral global que podrá ser utilizada para cualquier industria manufacturera sino que también es un estudio que puede generar ideas para complementar las metodologías existentes de implantación de otros sistemas de mejora.

1.8 Alcance y limitaciones

Este proyecto se basará en un tipo de investigación: documental y de campo. La primera investigación tiene como objetivo recolectar información el Sistema de Manufactura Esbelta como metodologías de implantación y beneficios. La segunda investigación de campo es para validar la metodología propuesta. La validación será a través de un caso práctico en una empresa manufacturera mexicana establecida en Monterrey, Nuevo León.

Como limitantes que se pudieran presentar son:

- La empresa no colabore en proporcionar datos reales o resultados para llevar a cabo el análisis.
- Que no se encuentre información alguna sobre la cuantificación de los beneficios.
- Que no haya tiempo suficiente para validar la herramienta en caso práctico a la empresa.

CAPÍTULO II. Marco Teórico

El objetivo de este capítulo es presentar el material existente relacionado al Sistema de Manufactura Esbelta. Y con la finalidad de tener un mayor entendimiento y bases para la propuesta que se tiene, se dividirá el material en dos partes. En la primera se hablará del Sistema de Manufactura como ciencia y estará conformado por los fundamentos, principios, herramientas de mejora y por último se presentarán los beneficios de implementar este sistema. En la segunda parte se hablará sobre algunas de las metodologías y modelos existentes de Manufactura Esbelta y se presentarán las ventajas y desventajas de cada una de ellas.

El contenido de este capítulo será la base fundamental para el desarrollo de este estudio, debido a que su objetivo es diseñar una metodología de implantación que integre las ventajas que comparte cada una de las metodologías existentes y que se complementen para generar un mejor resultado final, que es la implantación exitosa del Sistema de Manufactura Esbelta.

Mapa Conceptual del Marco Teórico

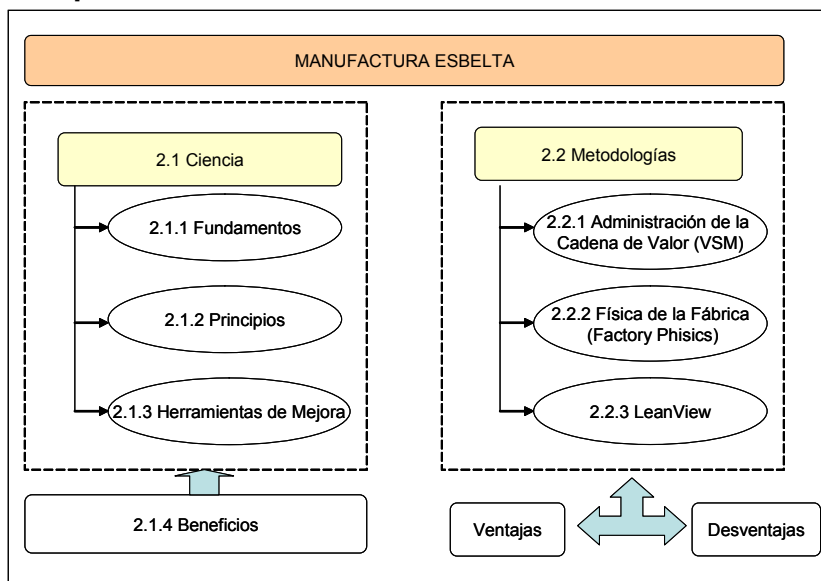


Figura 2-1. Mapa conceptual del marco teórico

2.1 Ciencia del Sistema de Manufactura Esbelta

2.1.1 Fundamentos

Antecedentes

En sus inicios, antes de que se le diera el término de Manufactura Esbelta, fue denominado como “Justo a Tiempo” (JIT) ya que buscaba que el valor fluyera hacia el cliente en forma continua, justo cuando el cliente lo requiriera y en la cantidad que él lo requiriera (Tapping et al., 2002).

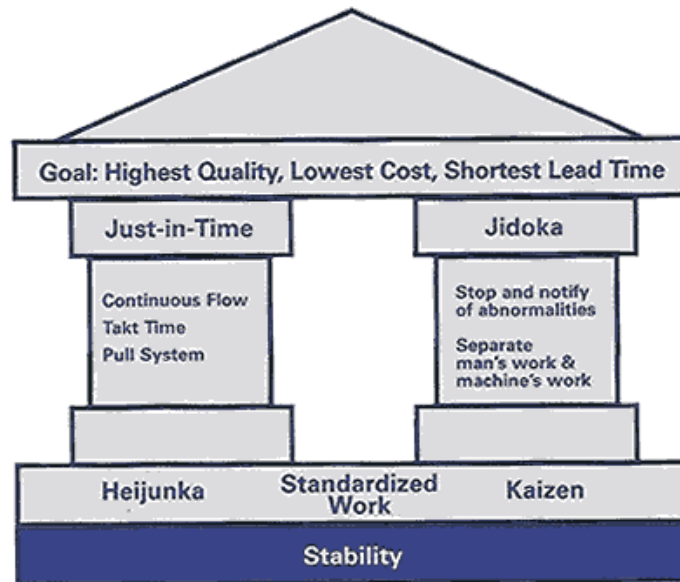
El sistema de producción JIT surge en Toyota desde los años 30's (Womack et Jones, 2005), pero se formaliza el concepto cuando se considera como uno de los principios básicos del Sistema de Producción Toyota (TPS).

El Sistema de Producción Toyota es un revolucionario sistema adoptado por las compañías japonesas después de la crisis petrolera de 1973. Este sistema surgió como la extensión lógica del sistema Ford, el cual, estaba diseñado para manejar grandes volúmenes de producción de partes que eran iguales, sin variedad (Forza, 1996). Pero debido a que Toyota después de la crisis contaba con restricciones de recursos, éste decide crear su propio sistema de producción con base al sistema Ford.

Éste sistema está conformado por principios básicos que son: la sobreproducción es despilfarro, Justo a Tiempo, Separación del Trabajador de la Máquina (Automatización) y tasas bajas de utilización (Shingo, 1993). Y el Sistema de Producción Toyota tiene como meta proporcionar la mejor calidad, con el menor costo y con el menor tiempo de entrega a través de la eliminación del desperdicio.

Con base a sus principios básicos, se muestra a continuación la casa de TPS, que está compuesta por dos pilares, Justo a Tiempo (JIT) y por Automatización

(Jidoka). TPS se mantiene y mejora a través de las iteraciones de trabajo estandarizado y Kaizen, seguida por el método de planear, hacer, controlar y actuar (PDCA). A continuación se muestra la “Casa del TPS”



Toyota Production System "House"

Figura 2-2. Casa de TPS

Justo a Tiempo (JIT)

Es el primer pilar del Sistema de Producción Toyota y es sinónimo de flujo continuo de producción, su meta es proporcionar a cada cliente productos con la más alta calidad y además que cumplan a un nivel alto con las especificaciones y requerimientos de entrega:

- *Solo* las unidades ordenadas,
- *Justo cuando* ellos lo necesitan, y
- la cantidad *exacta* que necesitan.

Y los requerimientos de entrega no solo abarcan al producto terminado, sino que también a todo material entregado al próximo usuario o “cliente interno” a través de la cadena de valor. El estado ideal del flujo continuo está caracterizado por la

habilidad de reponer la parte individual que ha sido “jalada” por el cliente. Y este estado ideal se refiere al flujo de lote igual a una pieza.

Y para que funcione el JIT, se requieren herramientas como el mapeo de la cadena de valor, takt time, trabajo estandarizado, Kanban y sistemas de supermercados (Tapping et al., 2002).

Automatización Humanística (JIDOKA)

El segundo pilar del Sistema de Producción Toyota es Jidoka, algunas veces se refieren como “Automatización con un toque humano”. Jidoka significa el uso práctico de automatización para detectar los defectos y liberar a los trabajadores para el desempeño de múltiples tareas en celdas de manufactura. La meta de Jidoka es “cero defectos”, que significa nunca pasar productos defectuosos al siguiente proceso, y eliminar el riesgo de que se presente una pieza defectuosa a las manos del cliente. Como sea, Jidoka es más que “cero defectos”, su propósito es alcanzar cero defectos y proveer el flujo al Sistema JIT. Cada paso y tarea de mejor utilizando el principio de Jidoka, logra cumplir ambas metas.

Jidoka se implementa de manera lenta, sistemática y con bajo costo. Este asegura que las máquinas solo hagan trabajo que agregue valor. Implantando Jidoka reduce el tiempo de ciclo y previene desperdicios tales como de espera, transporte, inspección y por supuesto defectos. Y puede aplicarse para cualquier proceso de producción (Tapping et al., 2002).

Las tres funciones de Jidoka son:

1. Separar el trabajo humano del trabajo de máquina.
2. Desarrollar dispositivos de prevención de defectos.
3. Aplicar Jidoka para unir operaciones.

Definición de Manufactura Esbelta

Manufactura Esbelta se puede definir como un conjunto de herramientas que ayuda a eliminar todas las operaciones que no agregan valor al producto, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere. Es decir, es un enfoque sistemático que busca maximizar el flujo de valor hacia el cliente mediante la minimización continua de los desperdicios. (Tapping et al., 2002)

El sistema de Manufactura Flexible o Manufactura Esbelta ha sido definida como una filosofía de excelencia de manufactura, basada en (Peterman, 2001):

- La eliminación planeada de todo tipo de desperdicio.
- El respeto por el trabajador: Kaizen.
- La mejora consistente de Productividad y Calidad.

Un sistema de Manufactura es “Esbelta”, cuando les da a los empleados en todos los niveles de la organización las habilidades y el pensamiento sistemático de cómo manejar el desperdicio a través de un mejor diseño de trabajo, conexiones de mejora y flujos sencillos dentro de la cadena de suministro.

A través de la eliminación de desperdicio se puede al mismo tiempo reducir los costos, manejar mejor el uso de los recursos y entregar un mejor valor del cliente (Wood, 2004). Por lo que el objetivo principal de un Sistema de Manufactura Esbelta es la eliminación de los desperdicios.

Definición y tipo de Desperdicios

En Japón utilizan la palabra “Muda” para indicar desperdicio o despilfarro. Y cualquier sistema con pensamiento esbelto, define desperdicio como cualquier actividad humana que absorbe recursos pero que no crea valor (Wood, 2004).

Taiichi Ohno identificó siete tipos de desperdicios y se pueden ver la tabla 2-1 (Wood, 2004):

Tipo de Desperdicio	Clasificación
1. Defectos	Desperdicios
	Desp. Material Defectuoso
	Errores de documentación
2. Sobreproducción	Producción para mantener ocupado
	Tamaño de lotes excesivos
	Desp. de Capacidad
3. Sobreprocesamiento	Proceso innecesario
	Proceso para retrabajos
4. Espera	Espera por materiales
	Espera por autorización
5. Inventario Innecesario	Exceso Materia Prima
	Exceso en Inv. En Proceso
	Exceso Producto Terminado
	Desp. de espacio
6. Movimiento	Levantar-bajar, adelante-atrás
	Despl. por herramental o material
	Mov. Innecesario del operador
7. Transporte	Mov. De materiales (layout)
	Movimiento de papelería

Tabla 2-1. Clasificación de desperdicios

2.1.2 Principios de la Manufactura Esbelta

En 1990, James Womack acuña el término “Manufactura esbelta” para referirse a un paradigma de manufactura basado en el TPS. Y aunque en su libro “La máquina que cambió el mundo” explica como funcionaba el Sistema de Producción Toyota, todavía no existía una estructura en la que pudiera ayudar a sus lectores a tratar de implementar los principios básicos del TPS. De ahí surge la necesidad de resumir el pensamiento esbelto de Toyota en cinco principios (Womack et al., 1990).

A continuación se presentan los 5 principios que propone Womack en su libro “Pensamiento Esbelto” (Wood, 2004):

- 1) Especificar el Valor por Producto: Este principio consiste en identificar qué es lo actualmente el cliente quiere y valora. El cliente puede ser: el consumidor

final o el cliente interno. Cada uno cuenta con requerimientos diferentes. El consumidor final se basa en el producto, mientras que el cliente interno su valor está basado en el servicio que se le provee en toda la cadena de valor.

- 2) Identificar la Cadena de Valor: En este principio se identifican los procesos desde el diseño del producto, desarrollo, manufactura, distribución y ventas para satisfacer las necesidades del cliente. También se identifica cómo funciona la cadena de suministro, cuáles son sus capacidades y en dónde se encuentran los desperdicios. Y se pueden identificar a través de la metodología de la Administración de la Cadena de Valor, como el uso de la herramienta de mapeo.
- 3) Hacer que el valor fluya: En este paso se identifica si el proceso está conformado por lotes o si hay la presencia de colas, o si existe cuello de botella. Aquí se puede observar si la línea fluye o no en forma continua y sin interrupciones. Y cuando se habla de que el flujo sea continuo, nos referimos a que el proceso desde que entra la materia prima hasta que sale el producto al cliente final, no presente retrasos.

Y si el proceso no se presenta en forma continua, entonces se tendrá que reducir o eliminar los cuellos de botella, la presencia de colas y tratar de moverse de lote a pieza individual y que fluya el producto lo más posible. Y si se puede hacer con base al nivel de ventas, mucho mejor.

Herramientas de la Manufactura Esbelta que se pueden emplear son las 5S's, el cálculo de la tasa de flujo (tiempo Takt), balanceo de líneas y con ello se puede reducir tamaño de lote, la presencia de colas, etc.

- 4) Hacer que el producto sea “jalado” por el cliente: Este principio busca hacer sólo lo que el cliente requiere, cuando el cliente lo requiera. Es decir, nivelar la

producción con la demanda. Y esto se puede lograr a través del Sistema Pull (jalar). Este sistema busca:

- Proveer un alineamiento inmediato con la demanda del cliente
- Regular los niveles de inventarios en proceso y por lo tanto facilita la reducción de inventario
- Automatizar el proceso de alineación con la demanda
- Permitir el uso de inventario como protección en contra de la variabilidad del proceso hasta que se haya eliminado esta variabilidad

5) Perseguir la Perfección: Perfección es la completa eliminación del desperdicio. En este punto todas las actividades crean valor para el cliente. Pero, para ello se requiere de un continuo esfuerzo permanente de mejora. Y para que se logre, en este principio habla de que es bien importante involucrar la parte humana. Por lo que la gente tiene que saber con claridad los siguientes puntos:

- ¿Por qué la mejora se ha llevado a cabo?
- ¿Esto que implica?
- ¿Cuándo está sucediendo?
- ¿Cómo se medirán los resultados?

Y todo esto se puede llevar a cabo a través de políticas de desarrollo que consisten en: tener una visión clara hacia el futuro, objetivos a nivel local que soporten las metas de la compañía, acciones priorizadas por su impacto y que logren cumplir con los objetivos planteados, empleados en todos los niveles que revisen los resultados y visibilidad sobre los progresos que se van haciendo.

2.1.3 Herramientas de Manufactura Esbelta

Las herramientas de Manufactura Esbelta surgen en Toyota y están guiados por sus dos pilares que son: JIT y Jodoka. Y aunque éstas fueron surgiendo en diferentes etapas y sin una estructura, cada una de ellas tiene un propósito específico. Unas herramientas son de mejora y otras son de control.

Las principales herramientas de mejora que se utilizan en el Sistema de Manufactura Esbelta son: las 5S's, Control Visual, SMED, TPM, Poka Yoke, Jidoka, Kanban, Celdas de Manufactura y Kaizen. A continuación se explica más a detalle en qué consiste cada una de las herramientas.

Herramienta de 5S's

El objetivo de la herramienta de 5S's es organizar y estandarizar cualquier lugar de trabajo, incluyendo las oficinas. Y es un prerequisite para la implementación de cualquier otro método de mejora (Tapping et al., 2002).

Las 5S's son cinco palabras japonesas que significan: Arreglo apropiado, Orden, Limpieza, Pureza y Disciplina. A continuación se presenta el significado de cada una de las 5S's (Hirano, 1991):

Seiri (arreglo apropiado)

Arreglo apropiado significa distinguir claramente entre lo que se necesita y se guarda y lo que no se necesita y se retira. Ante la duda desechar.

Seiton (orden)

Orden significa organizar el modo de guardar las cosas necesarias, haciendo más fácil para cada uno encontrarlas y usarlas. En este sentido el orden significa estandarizar los lugares donde se guardan las cosas.

Seiso (limpieza)

Limpieza significa tener los suelos absolutamente limpios y mantener las cosas aseadas y en orden. La limpieza debe integrarse en tareas diarias de mantenimiento.

Seiketsu (estado de limpieza o pureza)

Estado de limpieza significa que se mantienen las 3 primeras S's (seiri, seiton y seiso). Cuanto más nos acerquemos a la fuente de los desechos, más fácil es mantener un taller en "estado de limpieza".

Shitsuke (disciplina)

Disciplina significa hacer un hábito estable del mantenimiento apropiado de los procedimientos correctos. La disciplina se considera como la más importante de las 5S's.

De acuerdo a Hiroyuki Hirano (Hirano, 1991), el Las 5S's genera muchos beneficios, sin embargo, él presenta 8 beneficios esenciales que son:

1. Cero despilfarro, menores costos y capacidad más elevada. Ejemplo: eliminar despilfarro de stock en proceso y en almacén, de esperas por equipos de transporte interno, acciones que no agregan valor.
2. Cero daños-mejora de la seguridad. Ejemplo: mantener equipo limpio, colocar cosas de forma segura, señales de seguridad.
3. Cero averías-mejor mantenimiento. Ejemplo: eliminar desechos, polvo, basura, virutas, esquirlas, fugas de aceite que puedan averiar el equipo y acortar su vida. El mantener el taller rigurosamente limpio hace más fácil ver cómo está operando el equipo.
4. Cero defectos-calidad más elevada. Ejemplo: los defectos son más difícil de identificarlos cuando el lugar de trabajo esta desordenado, el almacenaje y mantenimiento apropiados de los instrumentos de medida y las herramientas de inspección s un prerequisite para el cero defectos.
5. Cero cambios útiles-facilitando la diversificación de la producción. Ejemplo: eliminar despilfarro de búsqueda como de troqueles, plantillas y herramientas, no utilizar plantillas no específicas propuestas por cuestión de conveniencia.
6. Cero retrasos-confiabilidad de las entregas. Ejemplo: el absentismo es más bajo, los defectos desaparecen y las entregas se hacen a tiempo.
7. Cero quejas-aumentando la fiabilidad y la confianza. Ejemplo: en un taller limpio y ordenado los productos no tienen defectos, cuestan menos se entregan a tiempo, no son peligrosos.

8. Cero números rojos-crecimiento corporativo. Ejemplo: las fábricas que han adquirido las 5S's son: lugares donde la gente trabaja mejor, los clientes están contentos con sus productos.

No se puede iniciar con la implementación de un Sistema de Manufactura Esbelta sino se ha aplicado la herramienta de 5S's.

Control Visual

El control visual es lo que la producción JIT ofrece como medio de convertir la dirección por especialista en una dirección simple y transparente con la participación de todos. Podemos incluso ir tan lejos como afirmar que el control visual es la manera con la que JIT "estandariza" la gestión.

El control visual incluye muchos métodos de aplicación, cada uno adecuado para un tipo diferente de problema de gestión. Algunos métodos de control visual ayudan a identificar el desperdicio, mientras otros contribuyen a sacar a la superficie los problemas latentes.

Los principales instrumentos y métodos de control visual son (Hirano, 1991):

1. Estrategia de tarjetas rojas.
2. Estrategia de señales.
3. Marcas blancas.
4. Marcas rojas.
5. Andon (luces de alarma).
6. Kanban.
7. Paneles de gestión de la producción.
8. Gráficos de operaciones estándares.
9. Muestras de artículos defectuosos.
10. Prevención errores.

Una fábrica visual comienza con una premisa sencilla: “Una imagen dice más que mil palabras”. Si la imagen esta disponible exactamente cuando se necesita, donde se necesita, y con solo la información necesaria, entonces dirá más que mil palabras. Por esta razón, la esencia de una fábrica visual es “información justo a tiempo”. Sobre el piso de producción, la meta de una fábrica visual es darle a la gente control de su lugar de trabajo. Hay varios niveles de control que se pueden aplicar que son:

1. Entrenamiento y estándares.
2. Construcción de información dentro del lugar de trabajo.
3. A través de advertencias.
4. Cambios físicos en el lugar de trabajo.
5. Eliminando la causa de los problemas.

La fábrica visual es parte de todo lo que se hace en manufactura esbelta.

Herramienta Poka Yoke

Es un sistema de dispositivos que sirven para prevenir los errores inadvertidos que cualquier persona puede hacer. Es un sistema para alcanzar cero defectos (Hinckley, 2001).

En Japón el término “Poka-Yoke”, puede traducirse como “a prueba de errores”. Poka-Yoke se refiere a dónde se comete el error – poka se refiere a la operación y yoke a la prevención de los errores. Los mecanismos Poka-Yoke pueden dividirse en tres tipos principalmente (Hirano, 1991):

Mecanismos de Parada:

- *Parar anomalías.* Este tipo de mecanismos puede detectar ciertas anomalías que pueden conducir a defectos. Cuando detectan una

anomalía de estas, el mecanismo para la operación corriente de la máquina o su función.

- Parar por defectos. Esta clase de mecanismos puede detectar cuándo la máquina ha producido un producto defectuoso e inmediatamente para la operación corriente o función de la máquina de forma que no fabrica más productos defectuosos.

Mecanismos de Control:

- Control de errores. Esta clase de mecanismos evita que los operarios se desvíen de las operaciones estándares y cometan errores.
- Control de flujo. Esta clase de mecanismos evita que los artículos defectuosos pasen a los procesos siguientes.

Mecanismos de Alarma:

- Señal de alarma. Esta clase de mecanismos emplea lámparas y/o zumbadores para avisar al personal que ha ocurrido una anomalía que puede conducir a un defecto.
- Señal de defecto. Esta clase de mecanismo usa lámparas y/o zumbadores para avisar al personal que ha ocurrido un defecto.

Básicamente se puede adoptar uno de los tres enfoques para usar un mecanismo Poka-Yoke, y estos son:

1. Puede contemplar la forma de la pieza a procesar y chequear si la pieza es apta o no es apta.
2. Puede estudiar la secuencia de los pasos de procesos realizados por el operario.
3. Puede checar parámetros cuantitativos de las operaciones.

Cambio Rápido del Proceso (SMED)

El objetivo fundamental del Cambio Rápido del Proceso (SMED, Single Minute Exchange of Die), es acortar los tiempos de preparación. Y el SMED es una teoría y conjunto de técnicas que hacen posible realizar las operaciones de cambio de herramental y preparación de máquinas en menor tiempo.

El SMED es considerado como el corazón del sistema de producción Justo a Tiempo debido a que: reduce el tiempo de producción de horas a minutos y reduce el tiempo de ciclo de meses a días (Hirano, 1991).

El primer paso en la aplicación del SMED es hacer una distinción en las operaciones de preparación de máquinas. Éstas se dividen fundamentalmente en dos tipos diferentes:

- Preparación interna. Son operaciones que se pueden realizar sólo cuando la máquina está parada.
- Preparación externa. Son operaciones que se pueden realizar cuando la máquina está funcionando.

A continuación se presentan las etapas de aplicación del SMED (Shingo, 1997):

Etapas Preliminar

No están diferenciadas las preparaciones interna y externa. En las operaciones de preparación tradicionales, se confunde la preparación interna con la externa y lo que puede realizarse externamente se hace internamente, permaneciendo como consecuencia, las máquinas paradas durante grandes periodos de tiempo.

Primera Etapa

Separar la preparación interna y externa. Es el paso más importante del SMED, tanto la preparación de las piezas, el mantenimiento de las herramientas y

operaciones análogas, no se deben hacer mientras la máquina está parada, sin embargo, esto ocurre con frecuencia. Si se hace esta distinción, los tiempos de preparación se pueden reducir entre un 30 y un 50 por ciento.

Segunda Etapa

Convertir la preparación interna en externa. Esta etapa comprende dos conceptos importantes:

- Reevaluación de operaciones para ver si algunos pasos están erróneamente considerados como externos.
- Búsqueda de formas para convertir esos pasos en externos.

Es extremadamente importante adoptar nuevos puntos de vista que no estén influenciados por viejas costumbres.

Tercera Etapa

Perfeccionar todos los aspectos de la operación de preparación. Aunque el nivel de los diez minutos se puede alcanzar algunas veces simplemente convirtiendo la preparación interna en externa, no es así en la mayoría de los casos. Esta es la razón por la cual se deben centrar esfuerzos para perfeccionar todas y cada una de las operaciones elementales que constituyen las preparaciones interna y externa. Esta tercera etapa necesita un análisis detallado de cada operación elemental.

Mantenimiento Total Productivo (TPM)

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es una idea basada en el concepto de tener una producción con cero defectos pero en el contexto del equipo, donde el objetivo es tener cero fallas y mínimas pérdidas de producción. En este método de mantenimiento, todos los operadores están involucrados en el mantenimiento, la

calidad y la eficiencia de su equipo. Así mismo, se considera que el TPM es básico en la implementación del justo a tiempo (Esquivel, 2003).

El objetivo del TPM es crear un sentido de responsabilidad conjunta entre la supervisión, operadores y trabajadores de mantenimiento, no solo de mantener trabajando en un ritmo continuo las máquinas, sino también, optimizar su rendimiento, es decir, incrementar la productividad por medio de la minimización de entradas y recursos al sistema de maximización de las salidas (Cooke,2000).

El TPM se basa en los siguientes puntos:

1. Desarrollar y aplicar programas de mantenimiento preventivo
2. Elaborar un historia del mantenimiento, que permita anticipar las fallas de los equipos dentro de plazos razonables.
3. Dejar que las tareas de mantenimiento más sencillas sean realizadas por operadores que trabajan directamente con el equipo.

Entre las actividades a realizar para el desarrollo del TPM en una empresa están:

1. Eliminar las pérdidas y, por lo tanto, mejorar la efectividad del equipo.
2. Desarrollar un programa de mantenimiento autónomo.
3. Desarrollar una programación par el departamento de mantenimiento en cooperación con ingeniería industrial.
4. Incrementar las habilidades de los operadores y personal de mantenimiento.
5. Desarrollar un programa de administración de equipo, es decir, un registro del uso de las máquinas y herramientas.

Automatización Humanística (JIDOKA)

Cómo se explicó en la parte superior, es uno de los pilares de Toyota. A continuación presentamos más a profundidad Jidoka como herramienta de mejora.

Existen muchas maneras de fabricar un producto. Algunas veces la máquina hace parte del trabajo y otras veces la máquina lo hace todo. El desarrollo del Jidoka está conformado por cuatro pasos que consisten en la relación que existe entre el personal y las máquinas (Hirano, 1991).

Paso 1: Tareas Manuales. Significa que todo el trabajo se hace con las manos. Esto tiene sentido solo cuando los costos del personal son bajos y/o el trabajo manual puede hacerse rápidamente.

Paso 2: Mecanización. Se deja a la maquina parte de las operaciones manuales. Se comparte la producción entre la máquina y el hombre.

Paso 3: Automatización. En este paso, toda la tarea manual del proceso se transfiere a la máquina. El trabajador alimenta y enciende la máquina y se puede retirar a realizar otras funciones, sin embargo, no se sabe si la máquina fabrica artículos defectuosos.

Paso 4: Jidoka. Como en la fase de la automatización, el trabajador solamente coloca las piezas, y deja que la máquina ejecute el proceso. La diferencia es que el operario no se preocupa por los defectos. La misma máquina detecta cuando se ha producido un defecto y automáticamente parará. Además de detección, el Jidoka incluye mecanismos de auto-alimentación de piezas y de auto-extracción de las mismas que elimina completamente la participación del trabajador.

El desarrollo de mecanismos que previenen los defectos en equipos automáticos es el corazón del Jidoka. Usualmente se comienza a aplicar el Jidoka al equipo de proceso y si se tiene éxito se aplica el Jidoka a las operaciones de montaje.

En resumen podemos establecer tres funciones principales del Jidoka:

Función 1: Separación del trabajo humano del trabajo de la máquina: A través de estudio de tiempos y movimientos detallado que nos permita ir gradualmente reduciendo el trabajo humano e incrementando el trabajo de la máquina.

Función 2: Desarrollo de mecanismos de prevención de defectos: Este básicamente es el corazón de Jidoka, el desarrollo de mecanismos automáticos de detección elimina la presencia de supervisores, con ello las máquinas tendrían la capacidad de detectar e incluso prevenir artículos defectuosos.

Función 3: Aplicación del Jidoka a las operaciones de montaje: Una vez que sobre las operaciones de proceso se haya implantado Jidoka, el segundo paso consistirá en lograr que las líneas de proceso se detengan al momento de encontrar un defecto.

En definitiva el Jidoka no es más que el empleo de técnicas de análisis de tiempos y movimientos, combinados con modificaciones ingeniosas de equipos de modo que estos por si mismos puedan identificar los defectos y puedan mantenerse sin asistencia o supervisión humana.

Kanban

Mucha gente tiene idea de que el sistema Kanban es una técnica central del JIT. Sin embargo, el Kanban es simplemente uno de los diferentes instrumentos utilizados para mantener la producción Justo a Tiempo. El Kanban surgió del método estadístico de gestión de inventarios conocido como el método de punto de pedido.

Tal como sugiere el nombre, el método de punto de pedido posibilita que las fábricas pidan cada vez el mismo volumen de piezas o productos. Cuando el inventario baja hasta cierto nivel (el punto de pedido), se extiende otro pedido por la cantidad fijada previamente, para renovar el inventario agotado (Hirano, 1991).

Similitudes entre el método de punto y el Kanban:

1. Permiten gestionar el inventario sin prestar atención a las fluctuaciones de la demanda.
2. No apropiados cuando son típicas fuertes fluctuaciones de la demanda.
3. ayudan a mantener bajos los costes de gestión del inventario.
4. Apropriados para uso en un sistema de reorden automático.

Diferencias entre el método de punto y el Kanban:

Método de punto de pedido

- La información y los artículos se mantienen separados, el inventario (artículos) se gestiona de acuerdo con las facturas de entradas y salidas de almacén.
- Requiere una constante gestión del inventario
- No permite el control visual.
- Gestión separada de la fábrica.
- Ninguna relación con las actividades de mejora.

Kanban

- Se mantienen juntos la información (Kanban) y los artículos.
- No requiere gestión.
- Permite el control visual.
- Estrechamente relacionado con las fábricas y sus operaciones.
- La reducción del número de Kanban induce a la necesidad de hacer mejoras.

El sistema Pull es un principio básico del sistema Kanban. El sistema de arrastre significa que los procesos “río abajo” recogen de los procesos “río arriba” solamente los artículos que necesitan, solamente cuando los necesitan y en las cantidades requeridas. Y cuando en un proceso río arriba se agotan los productos, “arrastran” nuevas piezas de los procesos anteriores, y esto se repite en una reacción a lo largo de la línea.

Funciones del Kanban

Función 1: Actuar como un sistema nervioso autónomo para la producción JIT.

Pasan información de las condiciones “río abajo” a los procesos previos.

1. Proporcionar información de recogida de piezas y órdenes de trabajo.
2. Eliminar el despilfarro del exceso de producción.

Función 2: Mejorar y fortalecer la fábrica.

1. Instrumento para el control visual.
2. Instrumento para promover la mejora.

Reglas del Kanban.

Regla 1: Los procesos río abajo retiran elementos de los procesos río arriba.

Regla 2: Los procesos río arriba solamente producen lo que se haya retirado.

Regla 3: Enviar únicamente productos 100 % libres de defectos.

Regla 4: establecer una producción nivelada.

Regla 5: Indicadores de taller.

Regla 6: Utilizar el Kanban para descubrir las necesidades de mejoras.

Tipos de Kanban

El Kanban globo se divide en dos tipos de transporte y de producción:

Kanban de transporte: Se emplean para indicar las piezas a mover a y en líneas de producción.

1. **Kanban de proveedor:** se envían como pedido a los proveedores “Kanban de pedido de piezas”.
2. **Kanban de fábrica:** Se emplea entre procesos en la fábrica “Kanban de recogida” o “Kanban de recogida”.

Kanban de producción: se usan para indicar instrucciones de operación de procesos específicos.

1. **Kanban de producción:** Usado rutinariamente entre procesos que no requieren preparación.
2. **Kanban de señal:** se emplea con prensas y otros procesos que requieren preparación.

Celdas de Manufactura

Celda de manufactura (CM) es una forma de producción que agrupa máquinas, herramientas, gente y materiales en celdas de manufactura. Cada celda produce partes similares de una familia. Una familia puede estar conformada por piezas que cuentan con características similares, o con tiempos de “cambios de herramienta” muy parecidos o con casi la misma ruta de máquinas (Gaither, Frazier et Wei, 1990).

Es posible que algunas partes o piezas sí cuenten con características que hagan que sean buenos candidatos para la producción en celdas de manufactura. Y una manera de saber si cuentan con esas características es examinando: primero la naturaleza de las celdas de manufactura que existen actualmente y una vez que entendemos su naturaleza, considerar la naturaleza de las piezas que se quieren fabricar en una celda de manufactura.

A continuación se presenta la naturaleza de una celda de manufactura:

- La mayoría de las aplicaciones de CM son en producción de metal, ya sea en la fabricación de herramientas para máquinas o en la producción de equipos de fabricación de metal.
- Las celdas son usualmente formadas por productos que ya vienen de producción o de trabajos ya existentes.
- Las partes o piezas fabricadas en celdas son un porcentaje relativamente pequeño (10%) del total de producción. Acerca del cincuenta por ciento de las compañías reportan que el 5% o menos de las horas-máquina fueron utilizadas por celas.
- Tanto compañías grandes como pequeñas utilizan celdas de manufactura. Usuarios tienen desde 300 a 17,000 empleados en total y desde 90 a 3000 máquinas.
- Tamaños moderados de lote de partes son fabricados en celdas: en promedio son 6000 partes por año de cada tipo y un promedio de tamaño de lote de acerca de 750 partes.
- El número de celdas en un “layout” de CM es relativamente pequeño. El promedio es acerca de cinco o seis celdas y en una tercera parte de las empresas cuentan con tres celdas o menos.
- El número máquinas de producción por celda es también relativamente pequeño. El promedio es acerca de seis máquinas, y la mitad de las empresas tienen entre cuatro y seis máquinas por celda. Las partes rara vez tienen una ruta de todas las máquinas en una celda.
- Hay pocos trabajadores en una celda. Y el rango está entre 2 y 15 personas.

A continuación se presentan las características que deben tener los productos o familias de productos que se piensan fabricar en celdas de manufactura:

- Contiene partes individuales con características similares de tal manera que pueden utilizar casi las mismas máquinas, con herramientas similares y máquinas con tiempos de preparación similares.

- La demanda total para toda la familia de partes necesita proporcionar una carga adecuada de máquinas en cada celda.
- La demanda de cada parte de la familia debe necesitar ser relativamente estable de periodo a periodo.

Los beneficios de implementar celdas de manufactura pueden ser:

- Reducción de costos de producción.
- Mejor calidad del producto.
- Menor tiempo de flujo.
- Incremento en la capacidad de producción.
- La variabilidad de las operaciones se reducen.
- Hay más rutas directas de producción y por lo tanto las piezas pueden ser fabricadas más rápido y por lo tanto tener entregas más rápidas.
- Las piezas pasan menor tiempo en cola, por lo tanto el inventario en proceso se reduce.

Kaizen

Son pequeñas mejoras diarias desempeñadas por todos. Kai significa “tomar a parte” y zen significa “hacerlo bien”. El objetivo principal de la implementación Kaizen es la total eliminación del desperdicio (Tapping et al., 2002).

Kaizen se identifica con tres ideas principales (Brunet et al.,2003):

- Es continuo: va en curso y se incorpora de manera práctica y no estratégica.
- Es incremental: es acumulativo a través de cambios pequeños.
- Es participativo: está construida con base al involucramiento activo de la fuerza laboral.

Kaizen está dividido en cuatro áreas principales que son:

- Trabajando con “zero defectos”.
- Esquema de sugerencias.
- Política de desarrollo por la alta dirección.
- Actividades en pequeños grupos.

Kaizen incluye una cadena continua de proyectos inmediatos de mejora y tangibles que son realizados por aquellas personas que están asociadas con el sistema en cuestión. Kaizen se define como tomar “pasos pequeños”, y esto es muy cierto si se quiere llegar a un programa maduro Kaizen. Sin embargo, en compañías del oeste han aplicado Kaizen en un sistema de manufactura esbelta como una manera de traer ganancias o impactos grandes. O como un proyecto típico inicial que reconfigura una línea de producción para mejorar la comunicación y los movimientos de materiales hacia el estado de producto terminado (Waldrip et Soltero, 2002).

Tales proyectos generalmente atraen atención de todos y pueden ser tanto “Esbeltos” como Kaizen. Es importante mencionar que Manufactura Esbelta y Kaizen no son uno solo y lo mismo. En lugar de eso, se puede definir que manufactura esbelta es un conjunto de herramientas y metodologías que pueden juntarse por Kaizen (ver figura 2-3). Compañías pueden utilizar métodos “Esbeltos” para mejorar el desempeño, pero sin Kaizen, este esfuerzo podría ser subóptimo (Waldrip et al., 2002).

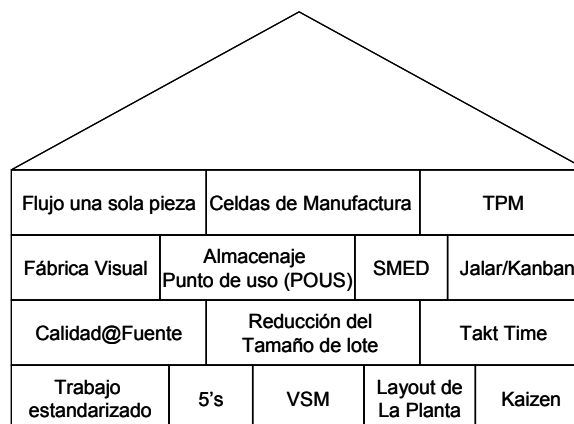


Figura 2-3. Casa “Manufactura Esbelta”

Los beneficios de aplicar Kaizen son:

- Bajo costo.
- Está basado en gente.
- Estrategia de mejora continua que está apoyada por métodos de trabajo simplificados en orden de incrementar el flujo de trabajo.
- La mejora continua a través de Kaizens puede alcanzar las fortalezas individuales en esfuerzo colectivo.
- Kaizen permite que la alta dirección se enfoque más en tareas importantes, es decir en planeación estratégica, al contar con la participación de la fuerza laboral.

2.2.4 Beneficios del Sistema de Manufactura Esbelta

La Manufactura Esbelta proporciona a las compañías herramientas para sobrevivir en un mercado global que exige calidad más alta, entrega más rápida a más bajo precio y en la cantidad requerida (Womack et al., 1990). Específicamente:

- Reduce la cadena de desperdicios dramáticamente.
- Reduce el inventario y el espacio en el piso de producción.
- Crea sistemas de producción más robustos.
- Crea sistemas de entrega de materiales apropiados.
- Mejora las distribuciones de planta para aumentar la flexibilidad.

La implantación de la Manufactura Esbelta es importante en diferentes áreas, ya que se emplean diferentes herramientas, por lo que beneficia a la empresa y sus empleados. Algunos de los beneficios que genera son (LEI, 2004):

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

- Mejor Calidad.
- Menos mano de obra.
- Mayor eficiencia de equipo.
- Disminución de los desperdicios
 - Sobreproducción
 - Tiempo de espera (los retrasos)
 - Transporte
 - El proceso
 - Inventarios
 - Movimientos
 - Mala calidad

2.2 Metodologías

2.2.1 Administración de la Cadena de Valor (VSM)

A medida que se extiende el modelo surgen diversas metodologías de implantación para favorecer el éxito y la sostenibilidad del esfuerzo. Una de las más usadas es “Administración de la Cadena de Valor” (Tapping et al., 2002).

Se puede definir como valor a todo aquello que hace que el cliente valore el producto y pague por el. Las empresas de manufactura sobreviven porque transforman materia prima en producto terminado que sus clientes valoran. Esta transformación es a través de un proceso, es decir, una secuencia de operaciones que añaden valor al producto y se le conoce como la cadena de valor. Y el objetivo de la “Administración de la Cadena de Valor” es maximizar el flujo de valor a través de la continua eliminación de los desperdicios (Tapping et al., 2002).

El VSM se considera como una estrategia de mejora debido a una las necesidades de los altos directivos con las necesidades de grupos de operarios. A continuación se puede observar como una ambas necesidades.

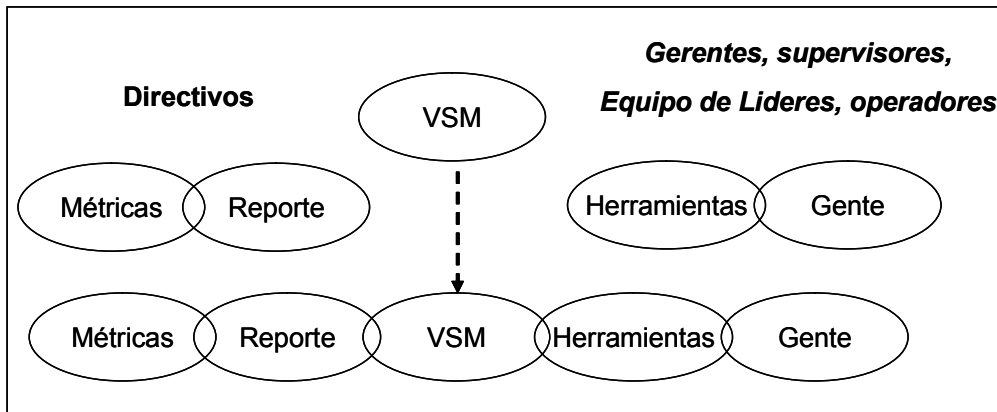


Figura 2-4. Relación de VSM con altos directivos y con la gente de piso.

Esta metodología está conformada por 8 pasos que siguen los principios de Lean mencionados anteriormente, sólo que Tapping, Luyster y Shuker (Tapping et al., 2002) añaden otro principio que es la definición del valor desde la perspectiva del cliente (ver figura 2-5).

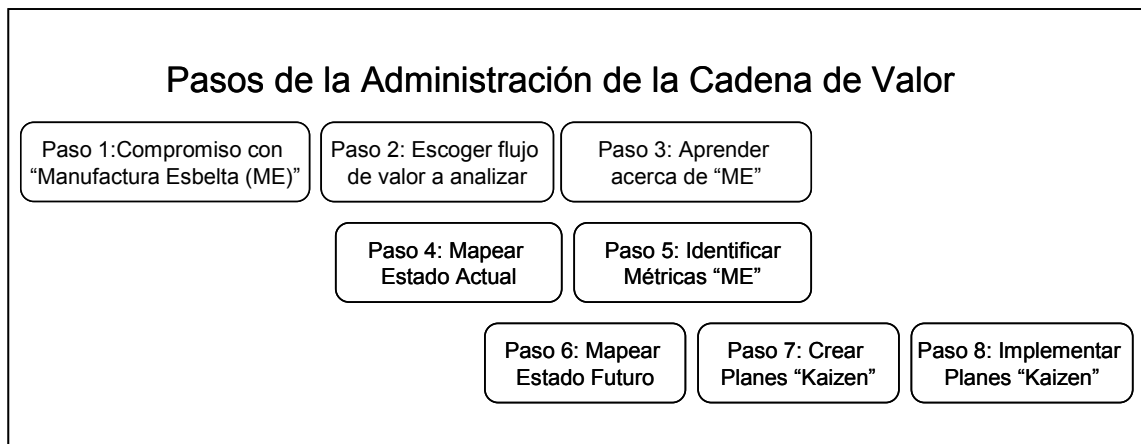


Figura 2-5 Metodología de "Administración de la Cadena de Valor"

Los pasos de la metodología

La Administración de la Cadena de Valor (VSM) está conformado por 8 pasos (Tapping et al., 2002) que a continuación se explican a más detalle:

Paso 1: Compromiso con Lean

- a) Identificar el “Campeón” y formar el equipo guía VSM.
- b) Arranque del proyecto VSM.
- c) Ir al piso de taller.
- d) Conforme el proyecto avance, revisar todas las propuestas de mejora.

Paso 2: Escoger el flujo de valor a analizar

Un Flujo de valor consiste de todo aquello (incluyendo las actividades que no añaden valor) que hace posible tal transformación.

- Comunicación (cliente-empresa, empresa-proveedor, etc.).
- Transporte y manejo de materiales.
- Planeación y control de la producción.
- La red de procesos y operaciones a través de las cuales material e información fluye en tiempo y espacio a medida que ocurre la transformación.

Hay muchos flujos de valor en una organización. En este paso escogeremos el (los) de mayor relevancia:

- Son los flujos de valor de mayor importancia (costo y volumen) en la empresa
- Son los que redundarían en un mayor beneficio.

Paso 3: Aprender acerca de “Manufactura Esbelta”

- a) Definir los conocimientos y habilidades requeridas
- b) Elaborar un plan de entrenamiento. A través de:

- Simulaciones que incorporen los conceptos “esbelto”.
- Benchmarking de otra compañía que estén aplicando Manufactura Esbelta.
- Mostrar proyectos internos exitosos.
- Sesiones de entrenamiento “Justo a Tiempo” seguidas de aplicación de los conceptos en problemas reales.
- Usar libros y videos combinados con discusiones en grupo.

c) Presentar los conceptos claves de Manufactura Esbelta

- El principio de la reducción de costo.
- Los siete desperdicios.
- Los dos pilares del Sistema de Producción Toyota (TPS).
- Presentar el sistema 5S's (Prerrequisito clave para la manufactura esbelta).
- Fábrica visual.

d) Presentar las tres etapas de aplicación de Manufactura Esbelta (ver figura 2-6)

- Etapa de Demanda: en esta etapa se requiere entender la demanda de tu producto con el cliente, incluyendo las características de calidad, el tiempo de flujo y el precio.
- Etapa de Flujo: consiste en la implementación continua del flujo de producción en toda la planta, de tal manera que tanto los clientes internos como externos reciban el producto correcto, en el tiempo requerido, con la calidad requerida.
- Etapa de Nivelación: destruir el trabajo uniformemente, por volumen y variedad, para reducir el tamaño de inventario y de trabajo en proceso y permitir pequeñas órdenes por el cliente.

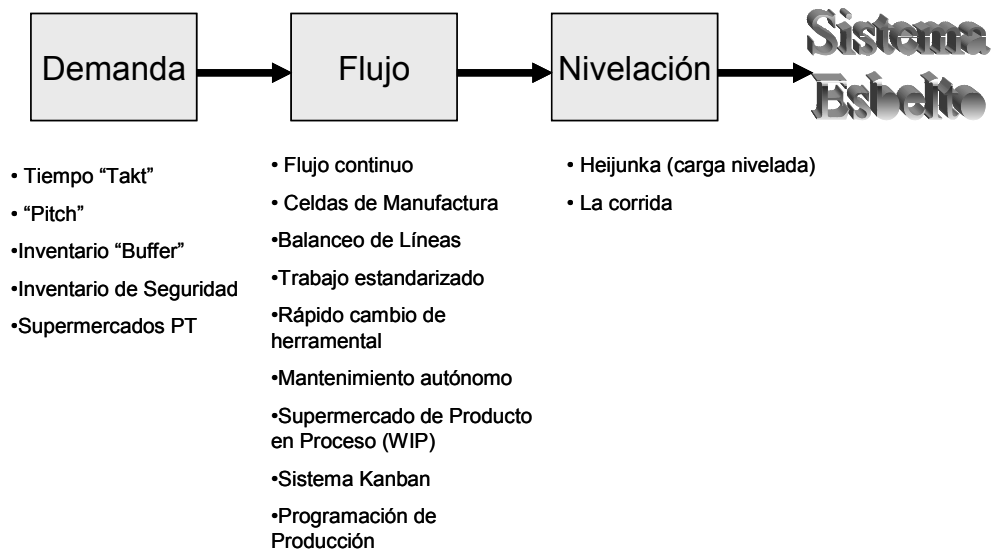


Figura 2-6. Las tres etapas de aplicación de Manufactura Esbelta

e) Presentar condiciones no "Esbeltas"

Paso 4: Mapear el estado actual

Consiste en mostrar gráficamente el flujo de material e información como está ocurriendo actualmente.

- Se usa formato y simbología estándar (Storyboard).
- Muestra toda la información relevante para detectar los desperdicios (Tiempos, problemas, inventarios, etc.).
- Debe estar basada en observación de piso de taller más que en descripciones del "deber ser" o en reportes históricos.

Paso 5: Identificar métricas Lean

Para identificar las métricas se necesita:

a) Preparar (En Sala de juntas)

- Dibujar un primer diagrama mostrando las principales operaciones de producción

- Elaborar una lista de los atributos (datos) que se requieren recolectar en cada operación
- b) Recolectar datos (En piso de producción)
- Ir al piso de trabajo y recolectar la información necesaria.
 - Tomar nota de cualquier otra información que se considere relevante.
- C) Completar el Mapa del estado actual (En sala de juntas)
- Completar el mapa del estado actual
 - Asegurar que todos los datos han sido recabados.

Una vez que se tiene el mapa actual se genera el mapa futuro de cómo se quisiera que la planta estuviera trabajando y a través de planes “Kaizen” se proponen proyectos de mejora y una vez propuestos se hace la implantación del Sistema de Manufactura Esbelta.

De acuerdo a la literatura y documentación encontrada sobre el Sistema de Manufactura Esbelta y los beneficios que se generan y se han generado al implantar un sistema como éste, se pudo observar que las mejoras las miden de acuerdo a la reducción de inventario, reducción de espacios, fluidez del proceso, entregas más rápidas, mejor servicios al cliente, sin embargo, no se encontró que los beneficios se plasmaran en dinero ahorrado y mucho menos se encontró una herramienta que muestre la cuantificación de dicho beneficio. Es por ello que esta investigación busca crear esa herramienta que cuantifique los beneficios tangibles e intangibles de acuerdo a su impacto económico.

Ventajas

- En su metodología une gente, herramientas de manufactura esbelta, métricas y reporta los requerimientos para alcanzar una empresa esbelta.
- Presenta un buen plan global de implantación.

Desventajas

- Deja demasiado “suelta” la definición de las métricas (totalmente al arbitrio de la persona) sin sugerir un conjunto de métricas de propósito general.
- Tampoco establece pautas para la propuesta de herramientas de mejora.
- No incluye modelado financiero ni operacional del sistema lo que impide cuantificar a priori los beneficios que se obtendrán.

2.2.2 Física de la Fábrica (Factory Physics)

Un sistema de manufactura es una red de procesos donde el flujo de partes fluye y su propósito es generar ganancias ahora y en el futuro. La fábrica está compuesta de rutas (líneas), las cuales están compuestas por procesos. La Física de Fábrica (Factory Physics) está enfocada en las redes y flujos a nivel de ruta o línea (Hopp et al., 2001).

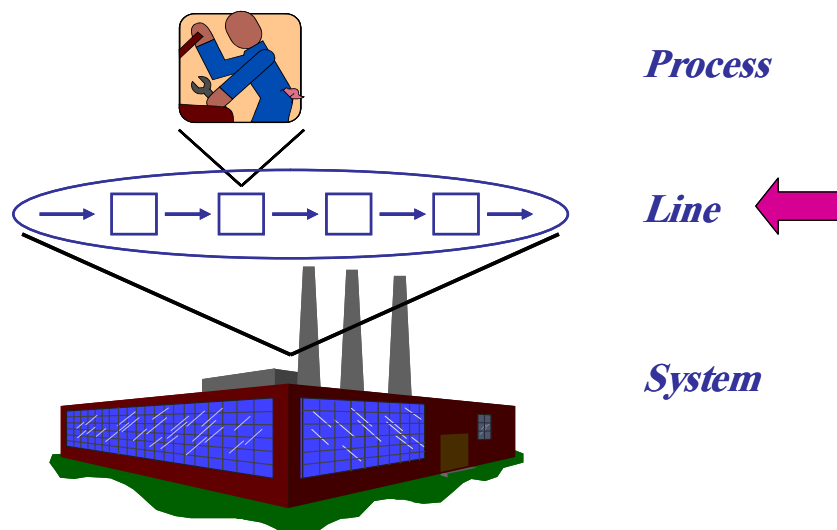


Figura 2-7. Alcance de la Física de la Fábrica

Wallace J. Hopp, Mark L. Spearman, 1996, 2000 <http://factory-physics.com>

La Física de la Fábrica:

- Es un conjunto de principios de manufactura.
- Herramientas para identificar el apalancamiento de sistemas existentes.
- Es un marco de referencia para el diseño de nuevos sistemas más efectivos.
- Se establecen relaciones fundamentales entre inventario, tiempo de ciclo, capacidad y variabilidad.

Ventajas

- Resalta la necesidad de un buen modelo operacional que permita estimar los beneficios operativos de una implantación de Manufactura Esbelta.
- Presentan un conjunto de “leyes” de dinámica fabril que permiten entender la relación entre las variables de control de un sistema de manufactura y sus principales indicadores operativos.

Desventajas

- No presenta una metodología de implantación de manufactura esbelta clara y sistemática. Es más un catálogo de herramientas de análisis pero la secuencia correcta para usarlas no aparece.
- No traduce el desempeño operacional a términos financieros.

2.2.3 LeanView

LeanView enseña como trabajar a través del uso de soluciones que ofrece Microsoft Office y permite a todo tipo de compañías implementar los procesos “esbeltos” con un método eficiente y efectivo de costos (Orlando, 2005). LeanView permite a los practicantes a crear de una manera rápida y fácil los resultados de algunas métricas en Microsoft's Excel, PowerPoint o Word.

A continuación se presentan los pasos que sigue Leanview para implementar un proyecto de Manufactura Esbelta (ver figura 2-8):

- Paso 1: Los equipos mapean el estado actual/futuro de la cadena de valor del proceso VSM.
- Paso 2: Se utiliza la herramienta de Leanview para diseñar el estado VSM.
- Paso 3: Se añaden los valores de las métricas a Leanview (tiempo de flujo, tiempo de ciclo manual, tiempo de ciclo automático, etc.).
- Paso 4: Leanview convierte los datos del proceso en información financiera a través del software Excel.
- Paso 5: El equipo identifica la lista de eventos y proyectos a elegir.
- Paso 6: Leanview genera planes de proyectos a través del software de Microsoft Project Management.

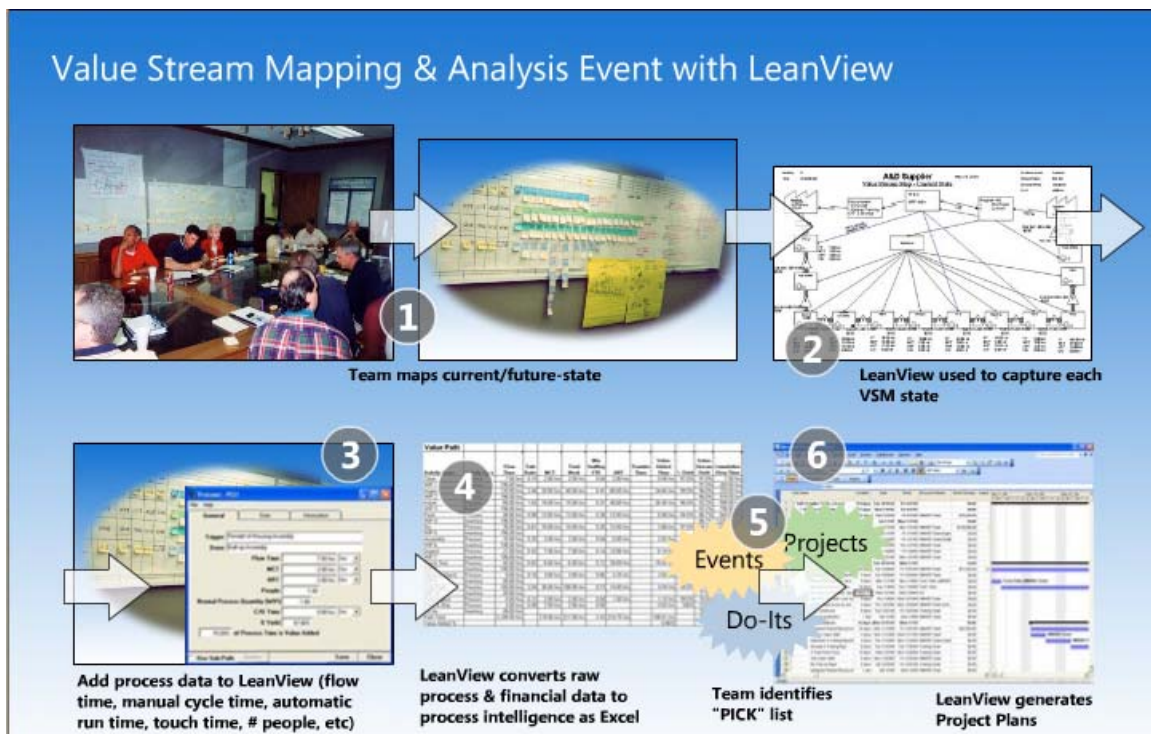


Figura 2-8. Pasos de implementar Leanview

Orlando Software Group inc (2005). Leanview: QuickStar Tutorial. Pg. 1-18

Ventajas

- Este software provee una excelente herramienta de “Mapeo de la Cadena de Valor”.
- Incluye en forma estándar varias métricas de propósito general que facilitan la identificación de los desperdicios más usuales.
- Cuenta con un análisis financiero previo al mapeo que permite identificar los componentes claves en la distribución de los costos y activos de la compañía.
- Este análisis permite estimar a priori la magnitud del impacto financiero de cualquiera de las estrategias de mejora.

Desventajas

- Su modelado operacional dista mucho de alcanzar los niveles propuestos por Hopp & Spearman.
- Carece de un plan global claro.
- La mayoría de las métricas están en términos absolutos y no en porcentajes de esbeltez por lo que no es tan directa la identificación del nivel de desperdicios.
- Cuantifica los beneficios duros y omite los potencialmente duros y los intangibles.

CAPÍTULO III. Metodología propuesta de implantación del Sistema de Manufactura Esbelta

El capítulo III tiene como objetivo presentar la metodología propuesta de implantación del Sistema de Manufactura Esbelta y está compuesta por tres fases que son: preparación, análisis e implementación. Ésta metodología tiene como propósito integrar las ventajas que proporcionan cada una de las metodologías y modelos que se mencionaron en el capítulo dos y además complementarla con otras herramientas que no se han encontrado en otras literaturas y que son parte clave para el desarrollo y aplicación de ésta metodología.

La fase de preparación está conformada por los primeros tres pasos (ver figura 3-1) y su objetivo es generar un compromiso por parte de la alta dirección y en todos los niveles de la organización, a través del conocimiento de lo que es Manufactura Esbelta. Esto es con la finalidad de ir creando el pensamiento esbelto como una cultura de negocio.

La fase de análisis es la fase medular de la metodología, pero igual de importante que las otras dos fases. Está conformada por 6 pasos (ver figura 3-1) y su objetivo es analizar la cadena de valor seleccionada en la fase de preparación. Éste análisis inicia con la definición de objetivos y recopilación de información para la elaboración del mapa del estado actual de la cadena y termina con la creación del mapa del estado futuro, que refleja el camino a donde se quiere llegar en la implementación.

La última fase es la de implementación y está conformada por dos pasos que son: el plan de acción y la búsqueda de la perfección. El objetivo en esta fase es diseñar un plan de acción de acuerdo a los resultados observados en el mapa del estado futuro y una vez que se ejecuta el plan de acción buscar la perfección, es decir, llegar a la meta de cero desperdicio.

A continuación se presenta la metodología propuesta de implantación:

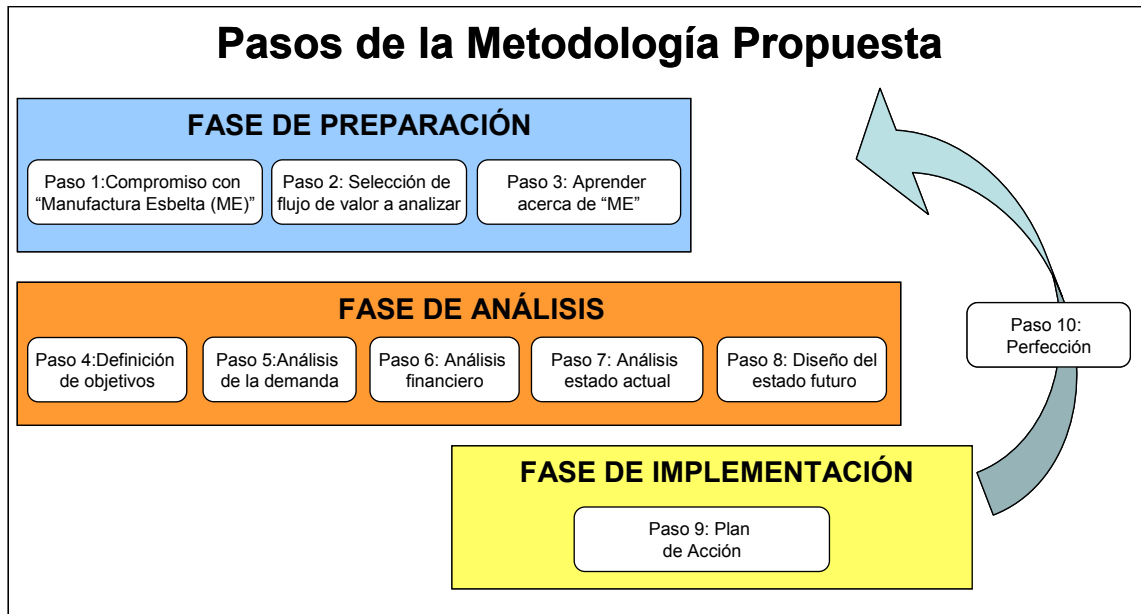


Figura 3-1. Metodología propuesta de implantación del Sistema de Manufactura Esbelta

3.1 Fase de Preparación

Objetivo:

Esta fase tiene como objetivo el crear una sólida base de compromiso y conocimiento sobre el sistema para asegurar que no solo la implementación sea un éxito, sino que además se adopte el sistema como parte de una cultura de negocio y por lo tanto se logre alcanzar el último paso de la metodología que implica la búsqueda permanente de la perfección a través de la aplicación repetitiva del proceso.

Esta fase incluye tres pasos que son:

1. Compromiso con "Manufactura Esbelta".
2. Escoger el flujo de valor a analizar.
3. Aprender acerca de "Manufactura Esbelta".

A continuación se presenta la explicación de cada uno de los pasos.

PASO 1: COMPROMISO CON “MANUFACTURA ESBELTA”

Una transformación exitosa hacia una empresa “Esbelta” requiere de un entendimiento claro y un compromiso con los principios esbeltos desde la alta dirección hasta todos los niveles de la organización (Tapping et al., 2002). Y para que todos los niveles de la organización se comprometan, necesitan percibir el compromiso desde la alta dirección. Por lo tanto, antes de que se inicie la implantación del sistema:

- La alta dirección debió de haber tomado una previa capacitación sobre lo que es manufactura esbelta, sus beneficios y tener una clara idea de hacia donde quieren llegar con la implantación.
- Alinear sus estrategias y objetivos con los del Sistema de Manufactura Esbelta.
- Llevar a cabo en la práctica los principios esbeltos en sus áreas de trabajo.
- Y con ello, ir creando y generando una cultura de negocio “Esbelta”.

Y antes durante las actividades de implantación la alta dirección debe de:

- Tener reuniones semanales, quincenales o mensuales para informarle al personal acerca de los nuevos requerimientos del cliente, el incremento de materia prima, etc. Es importante mantener involucrados al personal de lo que sucede.
- Mostrar al personal tanto las cartas positivas y/o negativas de los clientes, a todas las áreas de manufactura y administrativas.
- Establecer equipos esbeltos en la administración que apoyen con la difusión de los beneficios que genera el implantar un sistema de manufactura esbelta. Esto es debido a que no solo los de producción son

los beneficiados de este sistema sino que todas las áreas y por lo tanto deben de conocer sus beneficios.

Una vez que la alta dirección tiene la claridad de hacia donde va y de un buen entendimiento sobre lo que se puede esperar del Sistema de Manufactura Esbelta, el siguiente paso es:

a) Identificar al campeón (o dueño del proceso) y a los miembros del equipo “esbelto”.

La primera tarea es seleccionar al campeón o administrador de la cadena de valor y asegurarse de que la persona elegida tenga un claro entendimiento de lo que se requiere para hacer la transformación esbelta. La persona elegida será la expresión del compromiso de la administración y sus funciones son las siguientes:

- Ayuda a seleccionar a los miembros del equipo “esbelto” de implementación e introducirlos al proceso de la administración de la cadena de valor.
- Monitorear el progreso de los equipos al aplicar los once pasos de la metodología.
- Tener la disponibilidad para bajar a piso y escuchar las ideas, planes y necesidades que se vayan presentando.
- Revisar las propuestas del mapa futuro y planes kaizen.

El equipo “esbelto” de implementación es el dueño del proceso y sus funciones son:

- Crear planes y mapas.
- Comunicar a todos los niveles de la organización.
- Asegurarse que la gente esté entrenada

- Implementar el proceso de implantación de ésta metodología.

b) Anunciar el proyecto de implantación de manufactura esbelta.

El campeón en la primera reunión tendrá que explicarle al equipo “esbelto”, el motivo de la reunión, cómo el equipo fue seleccionado, la necesidad de aplicar los principios y herramientas “esbeltas” y cómo el equipo y el proyecto soportará las metas y estrategias de la compañía.

El anuncio en otras áreas se hará a través de una reunión en donde revisarán los procesos de la metodología de implantación y qué significa para el equipo “esbelto”, el tiempo que durará el proyecto, la comunicación que se espera tener, la localización de los recursos para logra los objetivos, etc.

c) Reconocimiento del proceso en piso de taller.

Una vez que la alta administración tiene entendimiento y que el campeón de la cadena de valor junto con su equipo “esbelto” ha anunciado sobre la metodología de implantación, es importante que vayan a piso a observar lo que realmente está ocurriendo en el proceso y escuchar los comentarios de los trabajadores.

Este paso es muy importante, porque permitirá a la administración reconocer y validar el trabajo que se está haciendo en piso, y al mismo tiempo ayudará a que los trabajadores reconozcan la importancia que tiene el proceso de transformación para la empresa y la relevancia de su participación.

Si estas visitas se repiten frecuentemente y se acompañan con el agradecimiento a los trabajadores, se logrará crear una motivación continua,

que es parte fundamental de la práctica del perseguir la perfección como se hablará más adelante en el paso diez.

PASO 2: SELECCIÓN DEL FLUJO DE VALOR A ANALIZAR (Producto o Familia de Producto)

Una vez que se ha hecho un compromiso con la transformación “Esbelta”, el siguiente paso es elegir la cadena de valor. Y antes de seleccionarla es importante definir qué es un flujo de valor.

Un Flujo de valor consiste de todo aquello (incluyendo las actividades que no añaden valor) que hace posible tal transformación (Tapping et al., 2002). Ejemplo:

- Comunicación (cliente-empresa, empresa-proveedor, etc.)
- Transporte y manejo de materiales
- Planeación y control de la producción
- La red de procesos y operaciones a través de las cuales material e información fluye en tiempo y espacio a medida que ocurre la transformación.

Para seleccionar la cadena de valor, la primera vez se recomienda tomar los siguientes criterios:

- Elegir una cadena de valor que no esté ni muy sencilla ni muy compleja, claro la selección apropiada depende de la planta y de la demanda del cliente.
- Elegir una cadena de valor que no incluya más de una máquina de operación.
- Elegir una cadena de valor que no incluya más de 3 proveedores de materia prima.

- Elegir una cadena de valor que no incluya más de 12 operaciones o estaciones de proceso.

A continuación se presentan dos métodos que se recomiendan utilizar para llevar a cabo una buena selección de la cadena de valor.

Métodos de selección de la Cadena Valor

Para lograr mejores resultados sobre todo la primera vez que se va a implementar el sistema de manufactura esbelta, es recomendable utilizar uno de estos métodos que a continuación presentaremos.

Sin embargo, conforme se va buscando la perfección y ya se ha trabajado sobre la cadena de valor de familias de productos que generan la mayor demanda o los mayores ingresos, ya no es tan factible utilizar estos métodos. Por lo tanto, cuando esto sucede, entra la experiencia y el conocimiento de la administración para saber cuál cadena de valor analizar, quizás no la que genere mayor ahorro o mayor ganancia, sino la que genere mayor satisfacción al cliente o creación de lealtad.

A continuación se presentan dos métodos que podrían ayudar a seleccionar una cadena de valor:

- *Análisis de Cantidad-Producto (PQ)*. Es una herramienta que se utiliza para mostrar la demanda de los productos a través de un diagrama de "Pareto". El diagrama muestra cómo el total de la cantidad de productos está distribuida en los diferentes tipos de producto, con la finalidad de que los productos de mayor volumen sean los primeros a seleccionar como posibles productos a analizar su cadena de valor. Aunque en muchos de los casos sea válido y aplicable hacerlo con base al volumen de la demanda, se recomienda que en lugar del volumen sea por monto de las ventas.

Para elaborar el análisis PQ se debe de:

1. Obtener de tres a seis meses la información de producción.
 2. Registrar los productos por cantidad del más grande al menor sobre la lista de análisis PQ.
 3. Crear la gráfica de “Pareto” utilizando el formato de análisis PQ.
 4. Analizar la mezcla de productos.
 - Si los productos de mayor demanda justifican una línea de producción exclusiva para ellos, se escoge tal cadena de valor.
 - Si los productos no justifican una línea de producción para ellos, se agrupan los productos de rutas semejantes en familias utilizando el análisis de ruteo de productos (PR). Una vez agrupados se repite el análisis PQ sobre las familias.
- *Análisis de Ruteo-Producto (PR)*. En este análisis se hace una gráfica que muestra cuál producto o partes tienen una ruta de proceso similar. Los productos que son procesados a través de las mismas máquinas u operaciones en la misma secuencia, son buenos candidatos para ser agrupados en familia de productos.

Para elaborar el análisis PR se debe de:

1. Iniciar con la muestra de la secuencia del proceso para cada tipo de producto listado por volumen en el análisis PQ
2. Agrupar los productos que tienen ruta de proceso similares en familias. La agrupación se hace hasta que la familia justifica una línea para sí.
3. Repetir el análisis PQ por familias y seleccionar la familia de mayor demanda.

PASO 3: APRENDER ACERCA DE “MANUFACTURA ESBELTA”

Esta etapa al igual que las dos anteriores, es muy importante en la fase de preparación. Esto es debido a que si no hay conocimiento y entendimiento de los conceptos “Esbeltos”, es difícil ponerlo en práctica en el piso de taller.

Y el propósito de este paso es asegurarse de que todos en la planta conozcan de éste tema y después de que hayan aprendido de “Esbeltez”, ellos podrán ampliar su conocimiento para la identificación de condiciones no esbeltas en el estado actual y con ello poder plasmarlo en un mapeo de cadena de valor (Tapping et al., 2002).

Para llevar a cabo esta parte de la fase de preparación se debe de generar un plan de entrenamiento que consta de cinco pasos que son:

1. Definir los conocimientos y habilidades requeridas de acuerdo a la tabla que se presenta en el anexo 1. Esta tabla presenta 12 atributos que debe de tener un (ver anexo 1).
2. Identificar los niveles de habilidades y conocimientos actuales de los miembros del equipo de implementación y determinar la brecha que existe (ver anexo1)
3. Elaborar el plan de entrenamiento y llevarlo a cabo (ver anexo 2).
4. Evaluar la efectividad del entrenamiento.

3.2 Fase de Análisis***Objetivo:***

Esta fase tiene como objetivo enfocarse al análisis de la cadena de valor que se ha seleccionado, a través de una de las herramientas de manufactura esbelta que es el mapeo de la cadena de valor y con ello poder identificar las áreas de

oportunidad por orden de prioridad. Esto es con la finalidad de iniciar con aquellas áreas que cuentan con costos muy elevados y que no requieren de alta inversión y dejar al último aquellas áreas que se requieren corregir pero que no necesariamente tienen un beneficio económico duro y significativo, sino pequeño o potencialmente duro o intangible.

En esta fase de análisis se sugiere usar el software de Leanview, que además de ser una herramienta útil para la elaboración del mapeo de la cadena de valor también es utilizada como herramienta para el análisis financiero, sin embargo, no es necesario contar con el software para utilizar esta metodología.

A continuación se presentan los pasos de ésta fase en forma genérica y en el capítulo IV se aplicará la metodología con el uso de la herramienta de Leanview.

Esta fase está conformada por seis pasos que son:

- Definición de objetivos y resultados esperados.
- Análisis de la demanda.
- Análisis financiero.
- Análisis del flujo de valor del estado actual.
- Identificación de áreas de oportunidad.
- Elaboración del flujo de valor del estado futuro.

A continuación se detalla cada uno de los pasos.

PASO 4: DEFINICIÓN DE OBJETIVOS Y RESULTADOS ESPERADOS DE LA IMPLANTACIÓN DE “MANUFACTURA ESBELTA”

El primer paso en la fase de análisis, es definir los objetivos y resultados esperados de llevar a cabo la implantación de la Manufactura Esbelta en la cadena de valor seleccionada. Y una manera de llevar a cabo este paso e iniciar

con un claro entendimiento de a donde se quiere llegar se requiere saber lo siguiente:

- Caso del negocio: en esta parte se pide que se identifique la problemática que enfrenta el negocio, es decir, se busca la transformación esbelta.
- Declaración del valor: es importante saber la mejora concreta que se quiere obtener con la implementación, pero siempre basándose en el valor que el cliente percibe.
- Requerimientos claves: aquí se menciona los factores claves a considerar para lograr esta(s) mejora(s).
- Métricas: aquí se escriben los indicadores o métricas a utilizar para evaluar los factores claves mencionados anteriormente. Es importante mencionar que en esta parte inicial sólo se pondrán las métricas que se cree que podrán ayudar a cumplir estos requerimientos, sin embargo, conforme se va elaborando el mapa del estado actual es cuando las métricas irán cambiando o se irán generando más.
- Estado Ideal: ésta parte estará predefinida, con los factores ideales de una cadena de valor “Esbelta” y esos factores son: sobre-demanda, libre de defectos, lote pieza por pieza y al menor costo posible. Es lo que la compañía debe de tratar de alcanzar al ir buscando la perfección.

Una vez que es desarrollada la parte de objetivos y resultados esperados, se procede a documentarlo y a comunicarlo en toda la organización. Primero al campeón de la cadena de valor, para que éste se los haga llegar tanto al equipo “esbelto” como al equipo de la administración para que todos estén enterados de lo que se quiere lograr con la implantación del sistema.

PASO 5: ANÁLISIS DE LA DEMANDA

Una vez que se ha determinado la cadena de valor del producto o familia de producto, el siguiente paso es obtener la información sobre la demanda del

producto o familia y analizarla a través de herramientas como el “Tiempo tack ” y el “Pitch”. Este paso es importante hacerlo antes de iniciar con el mapeo del estado actual, debido a que si no se tiene un claro entendimiento sobre la familia de productos que se analizará y se conoce su demanda, es más difícil buscar la mejora sin saber hacia qué meta se quiere llegar.

a) Demanda actual de los productos de la cadena de valor

Existen varias formas de obtener la información de la demanda, sin embargo, en esta metodología se recomiendan dos maneras de obtenerla de acuerdo a las necesidades de tiempo de la empresa y a las herramientas con la que cuenta actualmente.

Para recopilar la información se recomienda hacerlo a través de: métodos de pronóstico o utilizando la demanda que se obtuvo el año anterior.

1) Pronóstico de la Demanda

Si se decide pronosticar la demanda para el próximo año, se deben de considerar tres cosas: qué método se va a utilizar, cuál técnica se va a seleccionar de acuerdo al método y considerar el horizonte de tiempo. Es importante definir el tamaño del periodo a analizar, es decir, si la demanda será mensual, semestral, anual, etc.

A continuación se presentan los métodos que existen (Ballou, 2004):

- Método cualitativo: Estos métodos utilizan el juicio, la intuición, las encuestas o técnicas comparativas para generar estimados cuantitativos acerca del futuro. La información relacionada con los factores que afectan el pronóstico por lo general es no cuantitativa, intangible y subjetivo. La

información histórica tal vez esté disponible o quizá no sea muy relevante para el pronóstico.

Algunas técnicas que pueden emplearse para éste método son:

- Delphi (mediano-largo plazo)
- Investigación de mercado (mediano-largo plazo)
- Consenso de panel (mediano-largo plazo)

- Método de proyección histórica: cuando se dispone de una cantidad razonable de información histórica y las variaciones de tendencia y estacionales en las series de tiempo son estables y bien definidas, la proyección de esta información al futuro puede ser una forma efectiva de pronóstico para el corto plazo. En este método el patrón del tiempo futuro será una réplica del pasado, al menos en gran parte.

Algunas técnicas que pueden emplearse para éste método son:

- Promedios móviles(corto plazo)
- Ajuste o suavización exponencial (corto plazo)

- Métodos causales: El elemento básico sobre el que se construyen los métodos causales para pronósticos es que el nivel de la variable pronosticada se deriva del nivel de otras variables relacionadas. En la medida que puedan describirse adecuadas relaciones de causa y efecto, los modelos causales pueden ser bastante buenos para anticipar cambios mayores en las series de tiempo y para pronosticar de manera precisa en un periodo de mediano a largo plazo.

Algunas técnicas que pueden emplearse para éste método son:

- Modelo de regresión (corto-mediano plazo)
- Modelo econométrico (corto-mediano plazo)
- Box-Jenkins (corto-mediano plazo)

2) Demanda del año anterior

Si la empresa no utiliza algún método de pronóstico para analizar su demanda y cuenta con un comportamiento de demanda estable, podría basarse en la demanda del año anterior para la elaboración del análisis de la cadena de valor actual.

Es importante mencionar que si una empresa no cuenta con una demanda estable y es nueva en la implementación de ésta metodología, es válido utilizar la demanda anterior e ir la adecuando conforme transcurran los meses a través de un factor (se menciona en el siguiente paso), mientras se adopta un método de pronóstico.

b) Cálculo del “Takt Time” y “Pitch”

De la información que se recolectó de la demanda del cliente, se determina lo que se llama “Takt time” (Tiempo takt). “Takt” es una palabra alemana para referirse a un golpe musical o a ritmo. Así como el metrónomo mide el golpe de la música, el tiempo takt mide el ritmo de la demanda del cliente. El tiempo takt es la tasa a la cual la compañía tiene que fabricar sus productos para satisfacer la demanda del cliente. Producir a “takt” significa sincronizar el paso de producción con el paso de las ventas (Tapping et al., 2002).

Para calcular el tiempo takt para una familia de productos en particular o cadena de valor, se divide el tiempo total disponible por el total de productos requeridos por día. A continuación se presenta la fórmula del tiempo takt:

$$\text{Tiempo Takt} = \frac{\text{Tiempo disponible de producción}}{\text{Cantidad diaria total requerida}}$$

Nota: si los volúmenes son muy altos se recomienda calcular en segundos.

El estado ideal en cualquier sistema de “jalar” es eliminar todo el desperdicio y crear un flujo pieza a pieza en todo el sistema de producción, desde la materia prima hasta el embarque. En ocasiones el tiempo takt resultante es muy pequeño (menor a un segundo) y cuando eso sucede, es impráctico asumir un movimiento pieza a pieza. En este caso es usual agrupar las piezas en lotes estándar, normalmente en tamaño igual a la unidad mínima que el cliente compra. Cuando esto ocurre, se convierte el tiempo takt en una unidad llamada “pitch” (Tapping et al., 2002).

“Pitch” es la cantidad de tiempo (basada en el tiempo takt) requerida para producir un lote o paquete estándar de producto en proceso (WIP). Pitch por lo tanto, es el producto del tiempo takt y el tamaño de lote o paquete estándar. La fórmula para obtener el pitch es el siguiente:

Pitch= tiempo takt x tamaño lote o paquete estándar

Nota: el tiempo takt está dado por la demanda del cliente, la cantidad empacada puede ser dada por el cliente o puede que no.

Para volúmenes altos, y líneas de producción mixtas bajas, el pitch normalmente está entre 12 y 30 minutos, dependiendo de los requerimientos del cliente y de las restricciones internas. No siempre es práctico utilizar el tiempo takt debido a las condiciones del cliente, sin embargo el usar pitch ayuda a que los lotes no sean de tamaños tan grandes y se aproxime lo más que se pueda al flujo ideal pieza por pieza. El tamaño de lote depende muchas veces de la unidad que se maneje en la compañía para moverlos en tarimas o para empacarlos.

Imagen Takt: Visualiza el flujo hacia una sola pieza

Para mantener el verdadero espíritu del pensamiento esbelto, se debe creer en la idea de contar con un estado ideal que consiste en tener un flujo pieza a pieza, y

desafiar cada compromiso que se hace. La idea es, asegurarse de que se está haciendo todo lo posible para mejorar continuamente y con ello poder cumplir con las expectativas del estado ideal. Esta visión del estado ideal se le llama “Imagen takt”. Y para alcanzar ese estado se basa en el tiempo takt.

PASO 6: ANÁLISIS FINANCIERO

El análisis financiero estará basado en el análisis de “Retorno Sobre los Activos Clave”. Y para poder desarrollar este análisis es importante primero obtener la información financiera y después hacer el cálculo en una tabla de Excel, o bien se puede utilizar la herramienta de Leanview.

a) Obtener Información financiera

El primer paso que se requiere hacer para poder calcular el “Retorno Sobre los Activos Clave” es obtener la información financiera. Para ello, se requiere saber de la compañía: los ingresos anuales de la familia de productos, el desglose de los costos y por último el valor de los activos como: inventarios, activos fijos y cuentas por cobrar.

1) Ingresos anuales de la cadena de valor

Para obtener los ingresos anuales:

- Se lista la cantidad de demanda por periodo para cada tipo de producto de la cadena de valor (el periodo puede ser un mes, un trimestre o un año).
- Después se multiplica la demanda de cada producto por su precio unitario para obtener los ingresos por periodo de la cadena de valor.
- Se calculan los ingresos anuales.

2) Desglose de costos de la cadena de valor

En esta parte se recopilan los principales costos de la compañía para fabricar los productos de la cadena de valor. Estos costos son: materia prima, costos fijos (ejem. renta de local), mano de obra (directa, indirecta, tiempo extra), energía y otros (ejem. Insumos). Todos estos costos se calculan por periodo y se obtiene el porcentaje que representan dentro de los ingresos.

El valor resultante de restar ingresos menos costos le llamaremos “Ganancias Operativas” o EBIT (Ganancias antes de intereses e impuestos, por sus siglas en inglés).

$$EBIT = \text{Ingresos} - \text{Costos}$$

Un ejemplo del EBIT se puede ver en la tabla 3-1:

		% sobre ingresos
C O S T O S	Materia Prima	30%
	Mano de Obra	20%
	Energía	10%
	Costos fijos	5%
	Otros	10%
EBIT		25%

Tabla 3-1. Ejemplo de EBIT

En caso de que los costos estén mezclados con diferentes familias de productos, se cargará la proporción del costo que corresponda a la demanda de la familia de producto a analizar. En algunos casos es fácil identificar tal proporción como el tiempo máquina o tiempo operador, pero en otros no. En estos casos, se asigna de acuerdo a la proporción que representan los productos de la cadena en las ventas totales de la compañía.

A continuación se explica en qué consiste cada uno de los costos y cómo calcularlos:

Costo de Materia Prima

Para calcular la materia prima se genera una tabla que contenga lo siguiente (ver tabla 3-2):

- Los tipos de materia prima que se requieren para fabricar la familia de productos.
- Las cantidades que se requieren para producir la demanda determinada por periodo (es importante mencionar las unidades que se estarán manejando para cada tipo de materia prima).
- El precio unitario para cada tipo de materia prima.

Tipo de materia prima		Cantidad	Unidad	Precio unitario	\$/periodo
1	Lamina	41759	kgs	\$5.62	\$234,685.58
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
				Total	\$234,685.58

Tabla 3-2. Ejemplo de tabla para calcular costo de materia prima

Una vez que se tiene dada de alta esta información en la tabla se calcula de la siguiente manera:

- Se multiplica la cantidad de materia prima requerida para producir la demanda (por periodo) por el precio unitario. Esto se hace para cada tipo de materia prima.
- Se suma el costo de cada tipo de materia prima, para obtener el costo total de materia prima por periodo.
- Una vez que se tiene por periodo, también se recomienda calcularlo por año. Ejemplo: si el periodo se define por días entonces obtener la cantidad de días que se trabajan por mes y multiplicarlo por 12 meses.

Costo Fijo

Ejemplo de costos fijos son como la renta de local o el pago del crédito de un edificio. Y este se calcula de la siguiente manera:

- Se identifican los costos fijos de la empresa.
- Se obtiene el valor del costo fijo por periodo como la renta que se paga mensualmente.
- Se determina el porcentaje del valor que equivale a la cadena de valor.
- Por último, se multiplica el porcentaje por el valor del costo fijo.
- Se hace el mismo cálculo para cada costo fijo y se hace la suma total.
- Por ultimo convertimos el total en costo fijo anual.

Costo de Mano de Obra

Existen tres tipos de mano de obra que son: la directa, la de tiempo extra y la indirecta. Y este se calcula de la siguiente manera:

- Se identifican los costos de mano de obra de la empresa.
- Se obtienen los sueldos por periodo de cada tipo de mano de obra.
- Para el costo de mano de obra directa y de tiempo extra no hay ningún cálculo sino que su valor en nómina por periodo, pero para el indirecto se necesita determinar un porcentaje a la cadena de valor (nuevamente podemos asignar un porcentaje de acuerdo al volumen de demanda).
- Para calcular la mano de obra indirecta, se multiplica el porcentaje por el costo por nómina de la mano de obra indirecta.
- Una vez que se han hecho los cálculos de cada tipo de mano de obra por periodo se saca la suma total.
- Por ultimo convertimos el total en costo de mano de obra anual.

De la misma manera que se calcula el costo fijo y el de mano de obra, se calculan los otros tres costos que son: energía y otros.

3) Valor de los activos (inventarios, activos fijos, cuentas por cobrar)

De la misma manera en qué se obtienen los costos, se recopila el valor de los activos fijos (máquinas, edificio, transporte, etc.), del inventario y de las cuentas por cobrar.

- Valor del inventario: para calcular el inventario es importante saber cuánta materia prima (MP) se tiene en el almacén MP, producto en proceso (WIP) entre cada operación y cuánto producto terminado (PT) se encuentra en promedio en el almacén PT. Una vez que se obtienen las cantidades hay que hacer el cálculo de su valor. Para MP y WIP se toma como valor unitario el costo de la materia prima, siempre y cuando el WIP esté en unidades de la materia prima, es decir, no como pieza. Y para PT y WIP su valor se calcula con base al precio de mercado, los WIP que estén como piezas se valuarán de acuerdo al precio antes mencionado.

Inventario MP/WIP(\$)= Cant. MP/WIP en inventario * costo unitario de MP

Inventario PT(\$)= Cant. PT/WIP en inventario * precio unitario del producto

- Valor de cuentas por cobrar: este tipo de activo es calculado y dado por la compañía. Es el valor promedio del dinero que se encuentra retenido por el cliente hasta que venza el periodo de crédito que se le dio. Normalmente las compañías ofrecen un plazo máximo de un mes después de que fue entregado el producto.
- Valor de activos fijos: los activos fijos están conformado por el valor de las máquinas utilizadas para la fabricación del producto, medios de transporte

(montacargas, gruas, bandas transportadoras), el edificio, etc. Y para calcularlos es necesario:

- Determinar cuál es el porcentaje de utilización de la máquina/edificio/transporte para ese producto o familia de producto. Y una manera de asignarle ese porcentaje puede ser a través de la demanda.
- Calcular el valor del activo multiplicando el costo de la máquina/edificio/transporte por el porcentaje de utilización determinado.

b) Calcular el “Retorno sobre activos clave”

Una vez que se han obtenido los ingresos, costos y activos, el siguiente paso es hacer el análisis financiero. Éste análisis consiste en obtener y analizar tres indicadores principales que son:

1. **Ingresos anuales:** este indicador aumenta o disminuye con base a la cantidad de demanda y a la variación de precios. Cuando se requiere aumentar la utilización de las máquinas (activos fijos) a través del aumento de la demanda, este indicador se verá afectado. Entre más aumente éste indicador, mayor podrán ser las ganancias. Aunque para realmente saber si las ganancias aumentaron se tiene que observar también el siguiente indicador que es “ Ganancias antes de impuestos e intereses (EBIT)”.
2. **Ganancias antes de impuestos e intereses (EBIT):** este indicador está representado en porcentaje y cambia dependiendo de la variación de cada uno de los costos y al aumento o disminución de los ingresos. Entre menor sean los costos y/o mayores los ingresos el porcentaje irá aumentando y por lo tanto el margen de ganancias será mayor. Las mejoras que reduzcan los costos impactarán en este indicador.

3. **Retorno sobre Activos Clave:** este indicador también se representa como porcentaje. Este indicador se calcula de la siguiente manera:

- Se divide la “Ganancia antes de intereses e impuestos” sobre el total de los activos anuales.

Este indicador lo que indica es que si el porcentaje de “Retorno sobre Activos Clave” es mayor que el interés que te genera tener el dinero en un banco, entonces quiere decir que es rentable la familia de productos o producto en estudio.

Al obtener estos tres indicadores del estado actual, se puede dar una idea clara en donde se están generando los mayores costos y/o activos. Además con base a estos resultados se generarán las acciones de mejora y se priorizarán de acuerdo al mayor impacto en ahorros. Y no solo servirá para priorizar, sino que también serán indicadores a observar al momento de elaborar el estado futuro.

PASO 7: ANÁLISIS DEL FLUJO DE VALOR DEL ESTADO ACTUAL

Una vez que se tiene un claro entendimiento de lo que son los conceptos de Manufactura Esbelta y que se ha realizado el análisis de demanda y financiero. El siguiente paso es mapear el estado actual de la cadena de valor seleccionada en el paso 2 de la metodología.

El objetivo de este paso es obtener información exacta y en tiempo real sobre la familia de productos, y consiste en mostrar gráficamente el flujo de material e información como está ocurriendo actualmente. En el mapeo del estado actual:

- Se usa formato y simbología estándar (storyboard).
- Muestra toda la información relevante para detectar los desperdicios (Tiempos, problemas, inventarios, etc.).

- Debe estar basada en observación de piso de taller más que en descripciones del “deber ser” o en reportes históricos.

a) Especificar el valor desde el punto de vista del cliente

El análisis de la cadena de valor, no solo consiste en hacer el mapeo y encontrar los desperdicios a eliminar, sino que para poder identificarlos con mayor claridad se tienen que basar en las métricas. Las métricas estarán basadas en los objetivos que persigue la compañía y deben ir alineados a los requerimientos del cliente: interno o final. Por lo que antes de iniciar el mapeo se tiene que tener claro a quién va ir enfocado y determinar los objetivos que hay que perseguir.

Este principio consiste en identificar qué es lo actualmente el cliente quiere y valora. El cliente puede ser: el consumidor final o el cliente interno. Cada uno cuenta con requerimientos diferentes. Por lo tanto, para especificar el valor se deben de identificar el tipo de cliente y luego determinar sus requerimientos.

1) Identificar el tipo de cliente

Este puede ser:

- Consumidor o cliente final: es el que adquiere el producto final. Y su valor está basado en el producto.
- Cliente interno: Es el que se encuentra en algún lugar dentro de la cadena de suministro. Y su valor está basado en el servicio que le proveen dentro de la cadena de suministro.

2) Determinar sus requerimientos

Una vez que se ha identificado el tipo de cliente, se debe de determinar el valor desde el punto de vista del cliente. A continuación se presentan algunos ejemplos de requerimientos dependiendo del tipo de cliente.

- Consumidor o cliente final
 - Producto libre de defectos.
 - Disponibilidad del producto en el momento y cantidad requerida.
 - Relación valor-precio razonable.

- Cliente interno
 - Disponibilidad del producto adecuada.
 - Producto libre de defectos.
 - Flexibilidad del proceso para incorporar cambios en la demanda.

Existen dos modelos que pueden ayudar a identificar esos requerimientos, cada uno enfocado a cada tipo de cliente. El modelo de “Valor Relacionado al Producto” para el cliente final o consumidor y el modelo de “Valor de la cadena de suministro” para determinar los requerimientos del cliente interno.

Valor Relacionado al Producto

El Dr. Noriaki Kano desarrolló este modelo para hacer posible la identificación de factores que el cliente se fija cuando toma decisiones de compra. Este modelo está basado en tres factores que son: el básico, el de desempeño y el placentero. Y en respuesta a estos factores el cliente responde en términos de satisfacción que estarán ranqueados en disgusto, neutralización, hasta llegar al placentero (ver figura 3-2).

Los factores básicos son los que el cliente espera, si no los encuentra está a disgusto. Los factores de desempeño existen en diferentes grados, su ausencia causa disgusto y su completa implementación causa deleite o es placentero para el cliente. El factor de deleite o placentero es el que el cliente no lo espera, y si lo encuentra lo emociona (Wood, 2004).

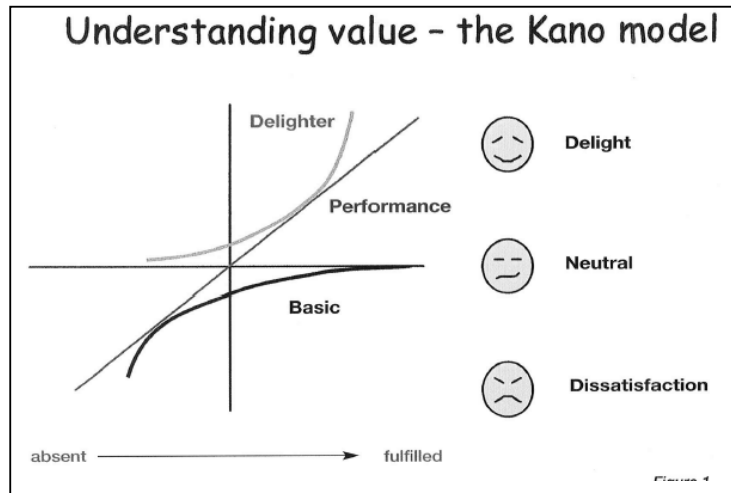


Figura 3-2. Modelo Kano

Valor de la Cadena de Suministro

El valor de la cadena de suministro está enfocado a encontrar los requerimientos de los clientes internos, y están relacionados con el desempeño de la cadena de suministro. Confiabilidad, flexibilidad y efectividad en los costos, son claves para el mejor desempeño. Y para alcanzar estas metas se puede aplicar técnicas de flujo y de “jalar”, que se hablarán más adelante.

b) Mapear el flujo de valor en el estado actual

Una vez que se tiene con claridad a qué cliente o consumidor van a ir enfocados los esfuerzos, se procede a elaborar el mapa del estado actual. Para ello se divide en tres etapas: preparación, visita a piso y conclusión. A continuación se presenta a detalle cada una de las etapas.

1) Preparación

a. Mapeo preliminar del proceso

Para su elaboración, se recomienda hacer los siguientes pasos:

1. Hacer un diagrama de operaciones preliminar para poder observar el flujo del proceso (se hace normalmente en la capacitación de cómo elaborar un mapa de la cadena de valor).

2. Hacer el mapa de la cadena de valor utilizando la simbología estándar (storyboard) en grande y a mano con todo el equipo involucrado en la implantación. Se debe de dibujar tanto el flujo del producto como el de información. En este paso todavía no se obtiene, ni se coloca información (atributos) del proceso como tiempo de ciclo, setup, etc.

A continuación se presentan los pasos recomendables para dibujar el mapa de la cadena de valor del estado actual (Tapping at al., 2001), ver figura 3-13:

- Dibujar los iconos que representan al cliente, proveedor, y control de producción.
- Dibujar la caja de datos debajo del icono de clientes. En la caja de datos debe de venir:
 - Requerimientos del cliente, tanto en días como por mes de cada tipo de producto.
 - El número de contenedores requeridos por día.
- Escribir los datos de embarque y de recepción. Estos datos son:
 - Dibujar el icono del camión y escribir la frecuencia de entrega al cliente.
 - Dibujar el icono de entrega abajo del camión que va al cliente.
 - Dibujar el icono del camión abajo del proveedor y escribir adentro del camión la frecuencia de entrega.
 - Dibujar las flechas que van del proveedor a su camión y del camión hacia el cliente.
- Dibujar las operaciones de manufactura y su respectiva caja de datos debajo de cada proceso.

- Dar de alta los atributos de cada proceso en la caja de datos. A continuación se presentan algunos ejemplos de atributos. Pero normalmente estos datos no se dan de alta hasta que se haya bajado a piso a obtener esta información.
 - Tiempo de proceso o tiempo de ciclo.
 - Tiempo de “setup” o de preparación.
 - Total de tiempo disponible de producción diaria.
 - Porcentaje de “uptime” o disponibilidad de la máquina.
- Mostrar el flujo de información, tanto electrónico como manual.
- Dibujar los iconos de inventario en el lugar donde el inventario es almacenado entre procesos.
- Dibujar las flechas como sistema de empujar (push), de jalar (pull) y Primeras entradas primeras salidas (FIFO)

3. Una vez que se ha hecho a mano el mapa, se baja a piso a validar el flujo del proceso.

4. Después de validarse, se procede a pasar el mapa en limpio manualmente o con alguna herramienta o software como Leanview (ver figura 3-3).

En el software la elaboración del mapa es un poco diferente en el orden de los pasos, a continuación se presentan los pasos recomendables para elaborar el mapa de la cadena de valor en Leanview:

- Dibujar los iconos que representan al cliente y proveedor.
- Dibujar los procesos de manufactura.
- Cambiar los subtítulos de los procesos.
- Dibujar los iconos de inventario entre procesos (WIP), materia prima y producto terminado.
- Dibujar las flechas del sistema de empujar (push) entre procesos, y flecha de producto terminado para proveedor y para cliente.

- Agregar un modelo de plan de producción con comunicación entre el cliente, la planta y el proveedor.
- Añadir el flujo de información, tanto electrónico como manual.

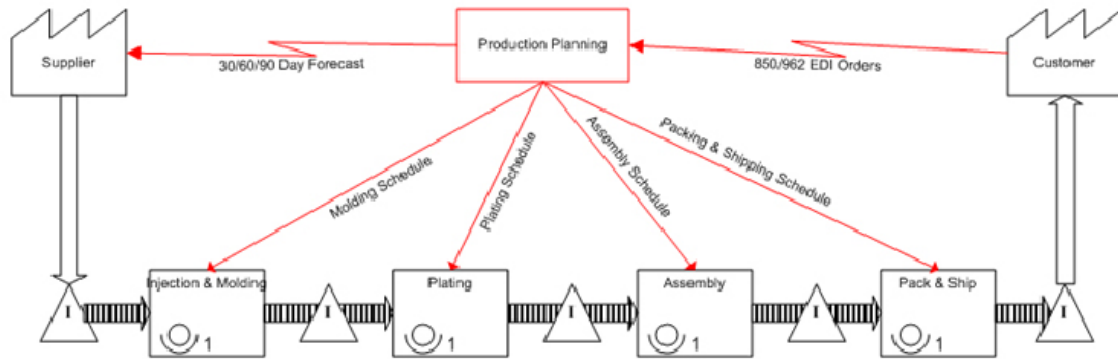


Figura 3-3. Mapa del estado actual del proceso

b. Definición de métricas clave

Una vez que se ha elaborado el mapa de la cadena de valor con algún software o manualmente, el siguiente paso es definir las métricas claves que se van a considerar para el estudio de la cadena de valor. Las métricas a definir son de tres tipos:

1. Las métricas estándar para cada proceso.
2. Las métricas estándar de la cadena de valor.
3. Las métricas particulares adicionales de acuerdo a los componentes de mayor impacto sobre el “Retorno sobre activos clave”.

Cada métrica apoyará diferentes objetivos para alcanzar las metas del estado futuro. A continuación se presenta la definición de cada una de las métricas propuestas y cómo calcularlas.

1. Métricas estándar de proceso:

Estas métricas se aplican a cada uno de los procesos de cualquier tipo de industria, por eso su término de estándar. Son las métricas más importantes para

la identificación de desperdicios y por lo tanto ayuda a visualizar cuáles son los procesos que se encuentran menos “esbeltos”.

Nuestra propuesta de métricas estándar o de propósito general toma y/o adapta algunas de las métricas incorporadas por el mapeo que propone Leanview y las que propone la metodología de la Administración de la Cadena de Valor y sugiere otras nuevas.

A continuación se presentan las métricas que sugiere la metodología de la Administración de la Cadena de Valor (Tapping et al., 2002):

- **Tiempo de ciclo:** Es el tiempo que tarda una pieza en ser procesada.
- **Tiempo de preparación:** Es el tiempo que se interrumpe para preparar el proceso del próximo lote de productos. Llamado también tiempo de “setup”.
- **Total de tiempo disponible de producción diaria:** Es el tiempo que se tiene disponible para producir una pieza. Y se calcula restándole al tiempo laboral (horas por turno* turnos en un día) los tiempos de descanso y de comidas. La diferencia es el tiempo total disponible de producción diaria.
- **Porcentaje de “uptime” o disponibilidad de la máquina:** Es el tiempo que la máquina está funcionando y es el tiempo disponible de producción diaria menos el tiempo que se la pasa descompuesta y el tiempo que tardan en repararla.

A continuación se presentan las métricas que sugiere la herramienta de Leanview:

- **Tiempo de flujo (Flow time):** Es el tiempo promedio de salida de la pieza en el proceso incluyendo el tiempo de cola.
- **Tiempo Manual (MCT):** Es el tiempo estimado que se trabaja de manera manual. También se le conoce como tiempo de ciclo manual. Y es el tiempo que el operador toca la pieza que está siendo procesada.

- **Tiempo automático (ART):** Es el tiempo automático que se requiere para procesar una pieza. Es el tiempo que no necesita atenderse el proceso, es decir, el grado de automatización Jidoka.
- **Gente (FTE):** El número de operadores que se requieren para correr el proceso o la estación.
- **Cantidad normal del proceso:** Es el número de piezas que típicamente son procesadas al mismo tiempo como el tamaño de lote (Batch).
- **Tiempo de preparación (C/O, setup):** Es el tiempo que se interrumpe para preparar el proceso del próximo lote de productos. Llamado también tiempo de “setup”.
- **Porcentaje de productos buenos (Yield):** Es el porcentaje de piezas procesadas que cumplen con los requerimientos en la primera pasada.
- **Porcentaje de tiempo del proceso que añade valor (VAT):** porcentaje del tiempo del proceso que añade o crea valor percibido por el cliente.

La mayoría de las métricas de ésta herramienta de Leanview se expresan como valores absolutos y nosotros creemos que es más conveniente expresarlas en porcentajes de esbeltez, donde el 100% represente el estado ideal. A partir de las métricas anteriores es más fácil estimar la magnitud del desperdicio y el potencial de mejora.

Las métricas que se proponen además de las de la metodología de Administración de la Cadena de Valor y las de Leanview, se presentan a continuación en las tablas 3-2 y 3-3.

En la tabla 3-3 se muestran las métricas para el análisis de “Retorno sobre los activos clave” de costos.

Factores clave sobre ROKA (Costos)	Métricas para detectar desperdicios
Materia prima (Costo anual) (% sobre Ing)	% Aprov. de Mat. prima (c/p) Porcentaje de materia prima aprovechada como parte del producto final.
	% Partes buenas Porcentaje de partes buenas, no desechadas por defecto (c/proceso)
Mano de Obra	% VAT (value added time) Porcentaje de tiempo que añade valor al proceso. (Global y c/proc). Esta métrica sí se encuentra también en Leanview.
	% Tiempo Automático Porcentaje del tiempo de ciclo que el proceso se ejecuta sin intervención del ser humano.
	% Tiempo de procesamiento natural (t₀) Porcentaje de tiempo de proceso quitando tiempo de setups y fallas.
	% Uptime (disponibilidad) Porcentaje de tiempo que la máquina está disponible p/trabajar
	Tiempo de setup Núm. de partes entre setups

Tabla 3-3. Métricas estándar de proceso para factores claves de ROKA (costos)

En la tabla 3-4 se muestran las métricas para el análisis de “Retorno sobre los activos clave” de costos.

Factores clave sobre ROKA (Activos)	Métricas para detectar desperdicios
Activos Fijos	% Utilización Porcentaje de tiempo que la máquina está siendo utilizada
	% Uptime (disponibilidad) Porcentaje de tiempo que la máquina está disponible p/trabajar
Inventarios	Días de Inventario <ul style="list-style-type: none"> • MP: Materia Prima • WIP: Producto en Proceso • PT : Producto Terminado
	Tamaños de Lote de producción
	Tamaños de lote de transporte Este tamaño normalmente es de acuerdo a la capacidad del transporte

Tabla 3-4. Métricas estándar de proceso para factores claves de ROKA (activos)

Cada uno de los pasos mencionados anteriormente, se podrá ver ejemplificado en el caso práctico del capítulo IV. A continuación se explicará a detalle cómo calcular cada una de las métricas, basándonos en el modelo operativo que propone el autor en su libro Física de la Fábrica (Factory Physics).

Para poder calcular las métricas estándar del proceso y las métricas propuestas para el análisis de “Retorno sobre los Activos Clave”, se requiere obtener información de varios atributos y generar unos cálculos previos. Por lo que se ha diseñado una herramienta que muestre de manera sistemática el cálculo de las métricas (ver tabla 3-5), sin correr el riesgo de que cada métrica sea interpretada de manera diferente y por lo tanto que los resultados sean diferentes de acuerdo a la persona que los calcule.

EJEMPLO

PASO 1:

DISPONIBILIDAD POR PROCESO		
# Máquinas:	1	máq.
Tiempo disponible por turno:	33000	seg
% de tiempo asignado:	80%	
Tiempo disponible por proceso:	26400	seg

$$t_e = \frac{t_0 + \frac{t_{setup}}{N} + \frac{t_{inspección}}{N} + \frac{t_{ajustes}}{N} + \frac{t_{reab}}{N}}{uptime}$$

$$t_0 = c \arg a + operación + desc \arg a$$

PASO 2:

CÁLCULO TIEMPO DE PROCESAMIENTO t_0		
Tiempo de carga:	3.23077	seg
Tiempo operativo:	5	seg
Tiempo de descarga:	3.38462	seg
Tiempo de procesamiento (t_0):	11.6154	seg/pza

PASO 4:

CÁLCULO DEL TIEMPO DE FLUJO (t_e)		
Tiempo de procesamiento (t_0):	11.61538	seg/día
Setup/N:	4.8	seg/día
Inspección/N:	0.1	seg/día
Ajustes/N:	0.04	seg/día
Retiro de rebaba/N:	0.4	seg/día
Tiempo de Flujo (t_e)	17.57225	

$$A_T = \left(\frac{m_{jF}}{m_{jF} + m_{rF}} \right) * \left(\frac{m_{jM}}{m_{jM} + m_{rM}} \right)$$

PASO 3:

CÁLCULO DEL UPTIME (A)		
Falla de máquina (m_{rFA}):	233.333	
Falla de máquina (m_{rFA}):	7200	
Mtto de máquina (m_{rMA}):	5890500	
Mtto de máquina (m_{rMA}):	99000	
Tiempo promedio antes de que falle (m_r):	5890733	seg/día
Tiempo promedio antes de reparación (m_r):	106200	seg/día
Uptime (A)=	96.49%	

PASO 5:

CÁLCULO DE % DE PRODUCTOS BUENOS		
Producción por turno (N):	1500	piezas
# pzas defectuosas:	15	seg
% de Productos buenos:	99.00%	seg

PASO 6:

DATOS LEAN VIEW		
Setup:	7200	seg
Tiempo del flujo (t_e):	17.5722	seg
Tiempo manual:	12.5722	seg
Tiempo automático:	5	seg
Operadores:	2	
# piezas procesadas:	1	
% de Productos buenos:	99.00%	
% del proceso que añade valor	28.5%	

PASO 7:

CAPACIDAD ACTUAL		
Capacidad de producción (μ):	0.056908	pz/seg
Tiempo de prod. X dem.		
Mensual:	165179.1	seg
# Máquinas necesarias:	0.297942	maq
# Máquinas exactas:	1	maq
Utilización (ρ):	30%	

Tabla 3-5. Herramienta de cálculo de métricas estándar de proceso

La herramienta está hecha en Excel y calcula las siguientes métricas:

Disponibilidad por proceso

Como se puede observar en la tabla 3-5, este paso tiene como objetivo calcular el tiempo disponible de la(s) máquina(s) por proceso. Y se calcula de la siguiente manera:

Tpo. disponible por proceso= Tiempo disponible por turno * número máquinas * porcentaje de tiempo que se tiene asignada la máquina para fabricar la familia de productos.

Cálculo de tiempo de procesamiento t_0

El cálculo del tiempo de procesamiento t_0 o también llamado tiempo de proceso natural, estará conformado por tiempo de carga, tiempo de operación y tiempo de descarga. A continuación se presenta la fórmula:

$$t_0 = c \text{ arg } a + \text{operación} + \text{desc arg } a$$

Este tiempo es el que normalmente se toma como referencia para hacer el análisis del mapa de la cadena de valor y lo ponen como tiempo de flujo del proceso. Sin embargo, este realmente no es el tiempo efectivo que se cuenta para fabricar una pieza, en el intermedio se presentan otros factores que hay que considerar.

Cálculo del uptime (A)

El uptime es el porcentaje de disponibilidad de la máquina que se usa y se calcula considerando la frecuencia con la que se presentan las fallas y el tiempo que se tardan en reparar esa falla que se presenta. A continuación se presenta la fórmula para calcular el uptime (Hoop et al., 2001):

Uptime(A) = Disponibilidad máquina
 m_f = Tiempo promedio entre fallas
 m_r = Tiempo promedio de reparación

$$A = \frac{m_f}{m_f + m_r}$$

También la disponibilidad de la máquina depende de otro factor que es el mantenimiento preventivo. Éste factor también está conformado por la frecuencia con la que se le da mantenimiento a la máquina y la duración de ese mantenimiento. Por lo tanto, la fórmula para calcular el uptime de mantenimiento es el mismo que el de las fallas.

A continuación se presenta la fórmula de uptime propuesta, incluyendo fallas y mantenimiento:

Uptime(A_F) = Disponibilidad máquina (fallas)

$$A_F = \frac{m_{fF}}{m_{fF} + m_{rF}}$$

Uptime(A_M) = Disponibilidad máquina (mtto)

$$A_M = \frac{m_{fM}}{m_{fM} + m_{rM}}$$

Uptime(A_T) = Disponibilidad máquina (total)

m_{fF} = Tiempo promedio entre fallas

m_{rF} = Tiempo promedio de reparación

m_{fM} = Tiempo promedio entre mantenimientos

m_{rM} = Tiempo promedio de mantenimiento

$$A_T = A_F * A_M$$

Cálculo del tiempo de flujo efectivo t_e

Como se mencionó en el paso 2, el tiempo de procesamiento natural no incluye otros factores que también son importantes a considerar. Por lo que en este paso se presentan los otros factores a considerar para obtener lo que es el tiempo de flujo efectivo t_e .

Para calcular el tiempo de flujo t_e o tiempo efectivo del proceso se tomó en cuenta las siguientes fórmulas que provienen del libro "Física de la Fábrica" (ver tabla 3-6):

Situación	Natural	No controlables	Controlables
Parámetro	Máquina Confiable	Fallas aleatorias	Setups, Retrabajos
t_e	t_0	$\frac{t_0}{A}, A = \frac{m_f}{m_f + m_r}$	$t_0 + \frac{t_s}{N_s}$

Tabla 3-6. Fórmulas para determinar el Tiempo Efectivo del Proceso (Hoop et al., 2001)

De acuerdo al caso de estudio que se llevó a cabo en la compañía de manufactura, se pudo observar que se presenta tanto factores no controlables como fallas aleatorias, como factores controlables que son el “setup” y los retrabajos.

Con base a lo observado en el estudio, se pudo concluir que es necesario contar con una fórmula que involucre los dos factores (controlables y no controlables) para reflejar el verdadero tiempo efectivo del proceso.

A continuación se presenta la fórmula propuesta para calcular el Tiempo de flujo efectivo (t_e) de cada uno de los procesos.

t_0 = Tiempo de procesamiento

t_e = Tiempo efectivo del proceso

N = (no.piezas) x (turno)

$Uptime(A_T)$ = Disponibilidad de máquina total

t_{setup} = Tiempo de preparación máquina

$t_{inspeccion}$ = Tiempo de inspección

t_{ajuste} = Tiempo de ajuste

t_{reab} = Tiempo de reabastecimiento de material

$$t_e = \frac{t_0 + \frac{t_{setup}}{N} + \frac{t_{inspeccion}}{N} + \frac{t_{ajustes}}{N} + \frac{t_{reab}}{N}}{A_T}$$

Cálculo del porcentaje de productos buenos

El siguiente paso es calcular el porcentaje de productos buenos que se producen por turno. Este cálculo se hará con base a las piezas defectuosas que salen por

turno (pza. defectuosa vista como desperdicio de mano de obra “retrabajo” o como desperdicio de material “desecho”). La fórmula es la siguiente (ver tabla 3-5):

$$\% \text{ de productos buenos (\% Yield)} = \frac{\text{Prod. por turno (N)} - \# \text{ pzas. Defectuosas}}{\text{Prod. por turno}} * 100$$

Otras métricas importantes

A continuación se presenta el cálculo de otras métricas:

- Tiempo manual: es el tiempo que la operación depende del trabajador. Este tiempo se obtiene del tiempo de procesamiento natural t_0 .
- Tiempo automático: es la diferencia entre el tiempo de procesamiento natural t_0 y el tiempo manual. Es cuando la máquina no requiere del hombre.
- Operadores: aquí solo se indica el número de operadores requeridos para esa operación.
- Número de piezas procesadas.
- % de proceso que añade valor: es igual al tiempo de flujo t_e menos el tiempo de operación.

Capacidad actual

En este paso se calcula la utilización de las máquinas actualmente, y para calcularlo se requiere primero obtener:

- Capacidad de producción (μ) = $\frac{\# \text{ pzas por máquina}}{\text{tiempo de flujo } t_e}$
- Tiempo de producción de la demanda mensual = $\frac{\text{demanda mensual}}{\text{Capacidad de producción } (\mu)}$

- # máquinas necesarias: $\frac{\text{Tiempo de producción de la demanda mensual}}{\text{Tiempo disponible del proceso} * \text{\# días hábiles al mes}}$
- # máquinas exactas: es el número de máquinas con el que se cuenta actualmente.

Una vez que se obtiene esta información se calcula la utilización:

$$\text{Utilización } (\rho): \frac{\text{\# de máquinas necesarias}}{\text{\# máquinas exactas}}$$

Las métricas que no se mencionan aquí se obtienen con esta misma información y están definidas en la tabla 3-3 y 3-4.

2. Métricas estándar de la cadena de valor

Estas métricas se aplican a la cadena de valor completa de cualquier tipo de industria, por eso su término de estándar. Son métricas que abarcan toda la cadena de valor y nuestra propuesta de métricas estándar toma algunas de las métricas incorporadas por otras metodologías y se sugieren otras.

A continuación se presentan las métricas a utilizar:

- **Tiempo de flujo total (Lead time):** Es el tiempo que tarda la pieza desde que se encuentra en el almacén de MP hasta que es enviado al cliente. Si la cadena de valor cuenta con procesos en paralelo, el tiempo de flujo total se tomará de la línea principal, ignorando la línea paralela (depende de la cadena de valor).
- **% de Valor añadido en toda la cadena de valor (%VAT):** Porcentaje de tiempo que añade valor la cadena de valor.

- **Días de inventario total:** es el total de inventario en días en toda la cadena de valor.

3. Métricas particulares adicionales de acuerdo a los componentes de mayor impacto sobre el “Retorno sobre los Activos Clave”

No solo las métricas que estamos proponiendo con base al Retorno sobre los Activos Clave son las únicas que se deben utilizar. Esto es debido a que:

- Cada industria cuenta con diferentes características y tipos de costos.
- Existen diferentes causas que pudieran provocar altos costos y/o altos activos.
- Dependiendo de sus costos y activos puede ser conveniente generar métricas particulares que permitan evaluar que tan bien se está aprovechando un recurso dado. Ejemplo: en una empresa de transporte la métrica puede ser % de tiempo rodando.

Es importante mencionar, que cada vez que se definan nuevas métricas particulares tomen en cuenta que:

- Es recomendable usar métricas de porcentaje debido a que te ayudan a visualizar de manera más sencilla los desperdicios.
- Que todas las métricas manejen el 100% como el estado ideal.
- Que faciliten la comparación.

2) Visita a piso de producción para recabado de información y cálculo de métricas definidas en la etapa de preparación

Ya identificadas las métricas que se deben de considerar para el análisis de cada proceso, lo siguiente es obtener la información y calcular las métricas definidas. Para ello, se recomienda seguir los siguientes pasos:

1. Bajar a piso de la planta para analizar y observar cómo trabaja cada uno de los procesos.
2. Elaborar un diagrama de flujo para cada proceso con las operaciones observadas en el paso anterior.
3. Tomar tiempos de cada operación y llenar el diagrama de proceso. De preferencia llenar también un diagrama para la operación de “setup” por separado, debido a que es una de las métricas que podrían considerarse como áreas de oportunidad para la eliminación de desperdicio de tiempo.
4. Una vez que se conoce un poco más cada proceso, regresar con el operador e identificar el resto de los atributos que se requerirán para la elaboración de la tabla 3-5 y las métricas de “Retorno sobre los Activos Clave”.
5. Calcular las métricas con la herramienta propuesta y manualmente las métricas restantes del “Retorno sobre los Activos Clave”.
6. Llenar las métricas en el mapa del estado actual.

3) Conclusión del Mapa Estado Actual

Una vez que se ha hecho el mapeo preliminar del proceso y que se han definido y calculado las métricas, se presenta de manera visual el mapa del estado actual y se presentan los resultados a los que llegaron al elaborar el mapa.

A continuación se presenta un ejemplo de cómo quedaría el mapa del estado actual utilizando la herramienta de Leanview para su elaboración.

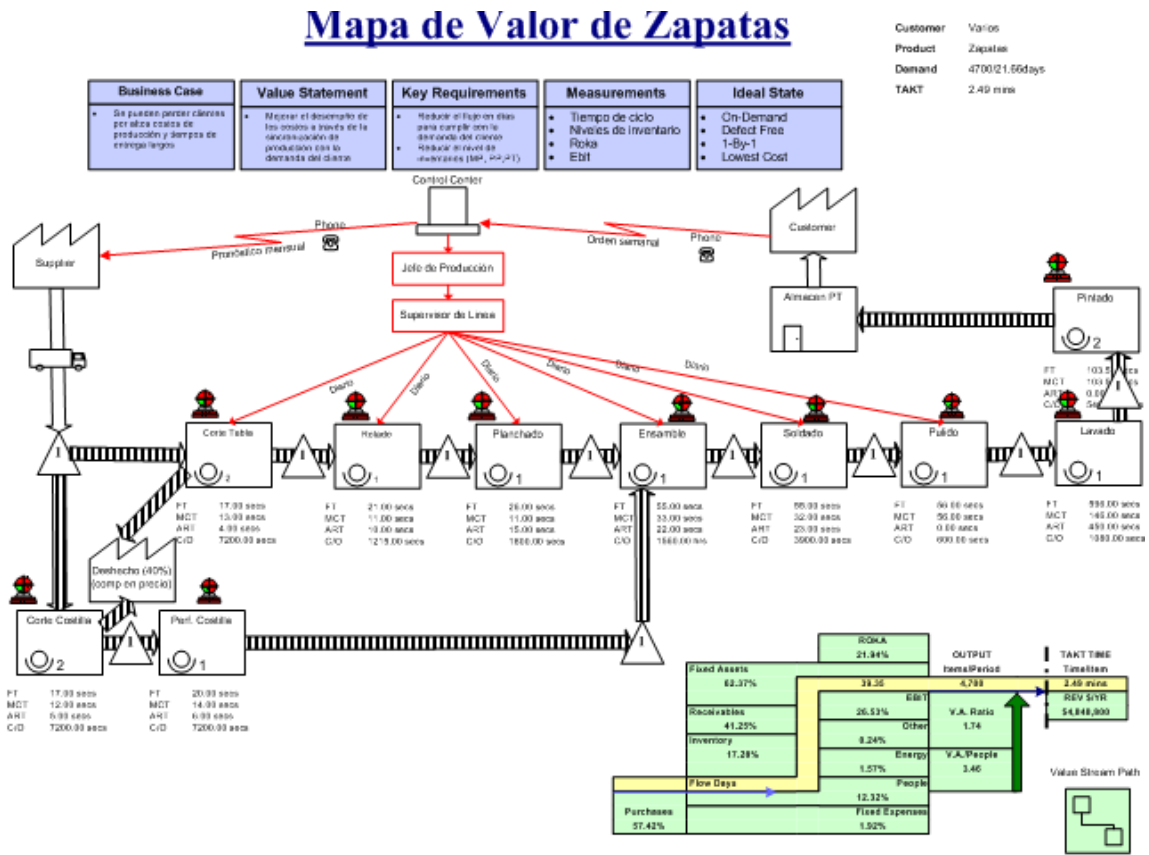


Figura 3-4. Mapa del estado actual del proceso completo

PASO 8: DISEÑO DEL ESTADO FUTURO

Una vez que se tiene el mapa del estado actual, es más sencillo visualizar en dónde se encuentran los desperdicios y con el análisis de “Retorno sobre los Activos Clave” estimar los beneficios potenciales de eliminarlos.

Los objetivos de este paso son:

1. Reconocer los factores claves para el desempeño financiero de la empresa.
2. Identificar los desperdicios que impactan a tales factores.
3. Proponer acciones para reducir y/o eliminar tales desperdicios.
4. Cuantificar las mejoras potenciales de cada propuesta.
5. Seleccionar las mejores acciones y priorizarlas.

6. Diseñar el mapa del flujo de valor del estado futuro.

Este paso está dividido en tres etapas que cubrirán los objetivos que se quieren alcanzar. Estas etapas son:

- Detección de áreas de oportunidad.
- Elaboración del mapa de flujo del estado futuro.
- Conclusión del mapa de flujo del estado futuro.

1) Detección de áreas de oportunidad

Para esta etapa se propone el uso de la tabla 3-7 y 3-8 como herramientas para definir las acciones de mejora de acuerdo a las áreas de oportunidad encontradas en el mapa del estado actual. Después de definir las, se deben de priorizar y con ello poder crear el mapa del estado futuro. A continuación se presentan las tablas propuestas para los factores claves ROKA de costos y activos, y se explica a detalle cada una de ellas con sus componentes.

Factores clave sobre ROKA (Costos)		Métricas para detectar desperdicios	Acciones posibles de mejora	Ahorros duros	Ahorros poten. duros y/o Intangibles
COSTO	Materia prima (Costo anual) (% sobre Ing)	% Aprob. de Mat. prima Porcentaje de materia prima aprovechada como parte del producto final.	<ul style="list-style-type: none"> • Mejor acomodo de partes en MP • Reutilización de desperdicio. • Reciclado de desperdicio. 		
		% Partes buenas (c/p) Porcentaje de partes buenas (no desechadas por defecto) (c/proceso)	<ul style="list-style-type: none"> • POKA-YOKE + ADMÓN. VISUAL Si los defectos son causados por errores humanos, ayuda a evitarlos.		
	Mano de obra	% VAT (value added time) Porcentaje de tiempo que añade valor al proceso. (Global y c/proc)	<ul style="list-style-type: none"> • DIAGRAMA DE FLECHAS + REDISEÑO DE LAYOUT • ANALISIS DE OPERACION + ESTANDARIZACION • 5 S's 		
		%Tiempo Autom. (c/p) Porcentaje del tiempo de ciclo que el proceso se ejecuta sin intervención del ser humano.	<ul style="list-style-type: none"> • JIDOKA + CELDAS DE MANUF. Separa trabajo humano de trabajo de máquina permitiendo que operador atienda varias máquinas a la vez		
		%Tiempo proceso natural (c/p) Porcentaje de tiempo de proceso quitando tiempo de setups y fallas.			
		%Uptime (c/p) Porcentaje de tiempo que la máquina está disponible p/trabajar	<ul style="list-style-type: none"> • TPM Mejora desempeño de las máquinas asignando responsabilidades de mant. al operador, entre otras acciones		
		Tiempo de setup Núm. de partes entre setups	<ul style="list-style-type: none"> • SMED Disminuye significativamente los tiempos de setup a través de la Transf. de acciones internas en externas y su optimización		

Tabla 3-7. Herramienta de factores claves de ROKA (costos)

Factores clave sobre ROKA (Activos)		Métricas para detectar desperdicios	Acciones posibles de mejora	Ahorros duro	Ahorros poten. duro y/o Intangibles
ACTIVO	Activos Fijos	<p>% Utilización Porcentaje de tiempo que la máquina está siendo utilizada</p>	<ul style="list-style-type: none"> • BALANCEO DE LINEAS Pasando parte del trabajo de la otras estaciones se aumenta capacidad de cuello de botella y de la línea en general. • ANALISIS DE OPERACIÓN EN CUELLO DE BOTELLA Mejorando operación de cuello de botella, aumenta capacidad de producción global. • SISTEMA TIPO PULL Mejorando operación de cuello de botella, aumenta capacidad de producción global. <p>Si utilización cuello botella baja, el problema está en la demanda</p> <ul style="list-style-type: none"> • INC. DEMANDA 		
		<p>% Uptime Porcentaje de tiempo que la máquina está disponible p/trabajar.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • TPM Mejora desempeño de las máquinas asignando responsabilidades de mant. al operador, entre otras acciones • POKA-YOKE Si fallas son causadas por errores humanos, ayuda a evitarlos. 		
	Inventarios	<p>Días de Inventario</p> <ul style="list-style-type: none"> • MP • WIP • PT <p>Tamaños de Lote de producción Tamaños de lote de transporte</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ADMÓN. DE INVENTARIO MP Optimiza el nivel de inventario de MP. • ADMÓN. DE INVENTARIOS PT Optimiza el nivel de inventario de PT. Separar Inventario de seguridad (protege por variabilidad de demanda) de inventario “buffer” (protege por variabilidad de producción). • SMED + FLUJO PIEZA A PIEZA (Reducción de tamaño de lote) El inventario y tiempo de ciclo son directamente proporcionales al tamaño de lote. • SISTEMA TIPO PULL Los sistemas tipo Pull reducen significativamente los niveles de inventario en proceso. 		

Tabla 3-8. Herramienta de factores claves de ROKA (activos)

a) Factores clave de ROKA para costos

La herramienta de factores claves de ROKA de costos, está conformada por cinco componentes. Los primeros tres componentes ayudan a generar las acciones de mejora y priorizarlas, para saber por donde empezar a la hora de diseñar el estado futuro y los dos últimos componentes dan una visión clara de los beneficios tangibles e intangibles que se podrán obtener al realizar las acciones de mejora propuestas.

A continuación se explica paso a paso como ir elaborando la tabla hasta llegar al paso de generar el estado futuro.

1. Factores clave sobre ROKA

Después de haber elaborado el diagrama de Pareto e identificar cuáles fueron los principales costos del análisis ROKA, se procede a ranquearlos y colocarlos de mayor a menor en la primera columna de la tabla 3.7 que es la de factores clave sobre ROKA. Además de colocar el tipo de costo también se debe de poner el costo anual y su porcentaje sobre ingresos.

Esto es con la finalidad de no solo saber cuáles acciones de mejora priorizar y que tendrán mayor impacto en el ahorro duro, potencialmente duro y/o intangible, sino que se puede saber de inmediato cuál es el monto del costo que se persigue eliminar o reducir y qué porcentaje representa sobre los ingresos.

2. Métricas para detectar desperdicios

En la segunda columna vienen unos recuadros con la métrica que hay que observar para cada tipo de costo. Éstas métricas ya fueron calculadas en

etapas anteriores y el colocarlas en esta tabla, nos permite identificar los desperdicios fácilmente.

Las métricas indicadas en la tabla se sugieren como métricas estándar de propósito general. Puede darse el caso de que algunas no apliquen o no se adapten al proyecto en particular, si eso sucede, entonces se puede incluir métricas particulares que se consideren relevantes para el proceso en particular.

De la tabla se puede observar que las métricas sugeridas permiten detectar fácilmente la magnitud de los desperdicios e identificar algunas de las causas.

3. Acciones posibles de mejora

Una vez que se han calculado las métricas en la tercera columna se eligen las acciones posibles de mejora para reducir ese tipo de costo. En la tabla 3-6 se han incluido como sugerencias algunas de las herramientas de Manufactura Esbelta que son usadas con frecuencia para reducir ese tipo particular de desperdicio. Sin embargo, conviene resaltar que no se pretende ser exhaustivo, sino que la empresa podrá incluir más acciones posibles de mejora.

En esta columna se deben definir:

- Las observaciones encontradas en las métricas elaboradas en la columna anterior.
- Las acciones de mejora sugeridas de acuerdo a las observaciones encontradas.
- La definición de objetivos para lograr cumplir las acciones de mejora.

4. Beneficios duros

En la cuarta columna se pondrán los beneficios o ahorros duros, y son aquellos beneficios que se pueden cuantificar en forma económica y que se perciben por la compañía en forma inmediata, usualmente mediante la reducción de los costos. Es decir, un beneficio duro es aquel que tiene un impacto en el análisis financiero (ROKA).

Ejemplos típicos de beneficios duros son:

Reducción de Inventario: Si se reduce el tamaño del Inventario (materia prima, en proceso y producto final), el ahorro es inmediato y se puede cuantificar el costo financiero del inventario.

Reducción de Costos de Mano de Obra: Si se reduce el # de operadores necesarios para realizar una operación el ahorro en nómina es inmediato y cuantificable.

Reducción de desperdicios de Materia prima y/o Producto Defectuoso: Si se reduce la cantidad de material desperdiciada, el ahorro es inmediato, debido a que se puede cuantificar el costo de la materia prima y la pieza defectuosa.

Reducción de Tiempo extra: Si se reduce el número de horas que se consumen extra, el ahorro en nómina es inmediato y es cuantificable, al igual que otro tipo de ahorros como la reducción de servicios como el consumo de gas y energía.

En esta columna se definirá tanto el ahorro duro ideal como el ahorro duro estimado.

5. Beneficios potencialmente duros y/o intangibles

En la última columna se describen los ahorros que son aquellos beneficios que no tienen un impacto cuantificable e inmediato sobre el ROKA. Estos beneficios se dividen en dos tipos:

- **Beneficios potencialmente duros:** Son aquellos beneficios que podrían conducir a ahorros adicionales cuantificables, pero solo si se cumplen otras condiciones adicionales.

Ejemplos típicos de beneficios potencialmente duros son:

Reducción del tiempo de proceso de una operación: La reducción del tiempo de proceso tiene varios beneficios:

- a. **Aumenta la capacidad de producción de la estación:** Esto se puede traducir en un beneficio duro si ocurre un aumento en los ingresos, sin embargo esto ocurrirá solo si ocurre además lo siguiente:
 - La estación es el cuello de botella del sistema (si no lo es, la capacidad de producción la limita el cuello de botella y no se podría obtener un aumento de producción)
 - Que la venta esté limitada por la capacidad de producción y no por la demanda.
- b. **Reducción del trabajo humano:** Nuevamente esto se podría convertir en un ahorro duro si el trabajador puede hacer otras actividades en el tiempo liberado que conduzcan a un ahorro duro.

Reducción de espacio: En forma inmediata no produce un ahorro, ya que solo libera espacio. Se convertirá en beneficio duro, si nos ahorramos la construcción de una nave extra o la renta de un local.

Reducción de manejo de materiales: En muchos de los casos la implantación del movimiento para pieza puede reducir la necesidad de equipo de manejo de materiales.

En el caso de los beneficios potencialmente duros, conviene concentrarse en trabajar en aquellos que dadas las circunstancias de la empresa tienen mayor posibilidad de convertirse en duros.

- **Beneficios intangibles:** son aquellos beneficios que son percibidos como tales por la empresa pero que el impacto económico concreto es difícil de cuantificar o bien ocurren a muy largo plazo.

Ejemplos típicos de beneficios intangibles son:

Mejorar el tiempo de respuesta del cliente: Es esperable que si aumenta el tiempo de respuesta puede haber algún disgusto por el cliente y causar costos si existen multas por ello. Si sucede lo último entonces se convierte en posible ahorro duro el evitar esas multas.

Mejorar la calidad: Si hay devoluciones es ahorro duro

Después de llenar la tabla de factores clave de ROKA para costos, se hace lo mismo para los factores clave de ROKA para activos.

b) Factores clave de ROKA para activos

La herramienta de factores claves de ROKA de activos, está conformada por cinco componentes. Los primeros tres componentes ayudarán a generar las acciones de mejora y priorizarlas, para saber por donde empezar a la hora de diseñar el estado futuro y los dos últimos componentes darán una visión clara de los beneficios tangibles e intangibles que se podrán obtener al realizar las acciones de mejora propuestas.

A continuación se explica paso a paso como ir elaborando la tabla hasta llegar al paso de generar el estado futuro.

1. Factores clave sobre ROKA

Después de haber elaborado el diagrama de Pareto e identificar cuáles fueron los principales activos del análisis ROKA, se procede a ranquearlos y colocarlos de mayor a menor en la primera columna de la tabla 3.8 que es la de factores clave sobre ROKA. Además de colocar el tipo de activo también se debe de poner el valor anual del activo y su porcentaje sobre ingresos.

Esto es con la finalidad de no solo saber cuáles acciones de mejora priorizar y que tendrán mayor impacto en el ahorro duro, potencialmente duro y/o intangible, sino que se puede saber de inmediato cuál es el monto del costo que se persigue eliminar o reducir y qué porcentaje representa sobre los ingresos.

2. Métricas para detectar desperdicios

En la segunda columna vienen unos recuadros con la métrica que hay que observar para cada tipo de activo. Éstas métricas ya fueron calculadas en

etapas anteriores y el colocarlas en esta tabla, nos permite identificar los desperdicios fácilmente.

Las métricas indicadas en la tabla se sugieren como métricas estándar de propósito general. Puede darse el caso de que algunas no apliquen o no se adapten al proyecto en particular, si eso sucede, entonces se puede incluir métricas particulares que se consideren relevantes para el proceso en particular.

De la tabla se puede observar que las métricas sugeridas permiten detectar fácilmente la magnitud de los desperdicios e identificar algunas de las causas.

3. Acciones posibles de mejora

Una vez que se han calculado las métricas en la tercera columna se eligen las acciones posibles de mejora para reducir ese tipo de activo. En la tabla 3-8 se han incluido como sugerencias algunas de las herramientas de Manufactura Esbelta que son usadas con frecuencia para reducir ese tipo particular de desperdicio. Sin embargo, conviene resaltar que no se pretende ser exhaustivo, sino que la empresa podrá incluir más acciones posibles de mejora.

En esta columna se deben definir:

- Las observaciones encontradas en las métricas elaboradas en la columna anterior.
- Las acciones de mejora sugeridas de acuerdo a las observaciones encontradas.
- La definición de objetivos para lograr cumplir las acciones de mejora.

4. Ahorros duros

En la cuarta columna se pondrán los beneficios o ahorros duros, y son aquellos beneficios que se pueden cuantificar en forma económica y que se perciben por la compañía en forma inmediata, usualmente mediante la reducción del valor de los activos. Es decir, un beneficio duro es aquel que tiene un impacto en el análisis financiero (ROKA).

En esta columna se definirá tanto el ahorro duro ideal como el ahorro duro estimado.

5. Ahorros potencialmente duros y/o intangibles

En la última columna se describen los ahorros que son aquellos beneficios que no tienen un impacto cuantificable e inmediato sobre el ROKA. Estos beneficios se dividen en dos tipos:

- **Beneficios potencialmente duros:** Son aquellos beneficios que podrían conducir a ahorros adicionales cuantificables, pero solo si se cumplen otras condiciones adicionales.
- **Beneficios intangibles:** son aquellos beneficios que son percibidos como tales por la empresa pero que el impacto económico concreto es difícil de cuantificar o bien ocurren a muy largo plazo.

Después de detectar las áreas de oportunidad y los posibles ahorros que se pueden generar con las acciones de mejora recomendadas, el siguiente paso es traspasar las acciones de mejora en el mapa de flujo del estado futuro.

2) Elaboración del mapa de flujo del estado futuro

Antes de hacer el mapa de flujo del estado futuro en limpio, es recomendable que se haga primero con lápiz debido a todas las correcciones que se hacen durante su elaboración.

Las características de un mapa del estado futuro son:

- El mapa futuro siempre tiene que ser flexible a nuevos cambios y experimentos que se quieran hacer.
- El mapa futuro tiene que ser creativo, es decir, no sólo plasmar visualmente las acciones de mejora encontradas en las tablas de análisis ROKA de costos y activos, sino que también mover layout, sugerir celdas, etc. Es decir, es simplemente estar abierto a cualquier cambio que pueda ayudar a:
 - Cumplir con la demanda del cliente.
 - Buscar un flujo continuo para que el cliente tanto interno como externo puedan recibir el producto correcto, en el tiempo correcto y con la calidad correcta.
 - Buscar la nivelación, es decir distribuir por volumen y variedad, reducir inventario y WIP, y permitir ordenes más pequeñas por el cliente.

Para su elaboración, se recomienda hacer los siguientes pasos:

1. Seleccionar las acciones de mejora que se plasmarán visualmente en el mapa de flujo del estado futuro. No es necesario priorizarlas hasta que no se pasen al plan de acción.
2. Hacer el mapa de la cadena de valor del estado futuro utilizando la simbología estándar (storyboard) en grande y a mano con todo el equipo involucrado en la implantación.

A continuación se presentan los pasos iniciales para dibujar el mapa de la cadena de valor del estado futuro, estos pasos son los mismos del estado actual y todavía no se sugiere ningún cambio (Tapping et al., 2001):

- Dibujar los iconos que representan al cliente, proveedor, y control de producción.
- Dibujar la caja de datos debajo del icono de clientes. En la caja de datos debe de venir:
 - Requerimientos del cliente, tanto en días como por mes de cada tipo de producto.
 - El número de contenedores requeridos por día.
- Escribir los datos de embarque y de recepción. Estos datos son:
 - Dibujar el icono del camión y escribir la frecuencia de entrega al cliente.
 - Dibujar el icono de entrega abajo del camión que va al cliente.
 - Dibujar el icono del camión abajo del proveedor y escribir adentro del camión la frecuencia de entrega.
 - Dibujar las flechas que van del proveedor a su camión y del camión hacia el cliente.
- Dibujar las operaciones de manufactura que no formarán parte de una celda de manufactura y poner su respectiva caja de datos debajo de cada proceso.

3. Agregar los nuevos cambios en el mapa del estado futuro que se están sugiriendo en la etapa de áreas de oportunidad. El estado futuro tiene que buscar los tres estados que son:

- La demanda del cliente: entender la demanda del cliente por tipo de producto, incluyendo las características de calidad, el tiempo de flujo y el precio.

- El flujo del proceso: contar con una cadena de valor que tenga flujo continuo, de tal manera que los clientes puedan recibir el producto correcto, a la hora correcta, en la cantidad correcta.
- La nivelación: buscar que los inventarios sean bajos o nulos y que se manejen tamaños de órdenes más pequeños.

A continuación se presentan los pasos a seguir, pero éstos no necesariamente tienen que hacerse en este orden.

- Dibujar las celdas de manufactura que se hayan sugerido para completar las operaciones de la cadena de valor y poner su respectiva caja de datos debajo de cada celda.
- Dar de alta las métricas de cada proceso en la caja de datos con los cambios sugeridos. Pero normalmente estos datos no se dan de alta hasta que se haya bajado a piso a obtener esta información.
- Agregar un sistema “pull” con tarjetas Kanban en caso de que forme parte de la acción de mejora.
- Dibujar los iconos de inventario en el lugar donde el inventario es almacenado entre procesos, y también colocar supermercados o inventarios de seguridad, con base a los resultados obtenidos en la etapa anterior.
- Dibujar las flechas como sistema de jalar (pull)
- Determinar cuáles métodos o herramientas de mejora “esbeltas” se utilizarán.

4. Después de validarse, se procede a pasar el mapa del estado futuro en limpio manualmente o con alguna herramienta o software como Leanview.

3) Conclusión del mapa de flujo del estado futuro

En esta etapa se presentan los resultados de mejora que se obtienen al elaborar el mapa del estado futuro con la implantación de las acciones sugeridas en la etapa de detección de áreas de oportunidad. Éste mapa de estado futuro será el mapa de ruta en el proceso de transformación a la esbeltez.

3.3 Fase de Implementación

Objetivo:

Esta fase tiene como objetivo implementar el mapa del estado futuro tanto para los factores claves de costos como de activos. Es decir, implementar todas las áreas de oportunidad encontradas a través del análisis ROKA y el mapa actual para con ello lograr los objetivos planteados al inicio de la fase de análisis.

Una vez que el estado futuro se transforma en una realidad se transforma a un estado actual y el ciclo continúa para buscar la perfección, es decir, es una mejora continua que busca llegar a cero desperdicios.

Esta fase estará compuesta por los últimos dos pasos que son:

- Plan de acción.
- Búsqueda de la perfección.

A continuación se presentan a detalle los dos pasos de la metodología.

PASO 9: PLAN DE ACCIÓN

Una vez que ya se ha elaborado el mapa de flujo del estado futuro, el siguiente paso para la implementación es definir el plan de acción. Para definirlo se deben de hacer los siguientes pasos:

- El plan de acción debe definirse con base a las acciones de mejora encontradas en el mapa del estado futuro.
- Se diseña un “Plan Kaizen mensual”. En donde se enlistarán las acciones de mejora a implementar por orden de prioridad (los de mayor impacto en ahorros). Y en ese plan se definirá el mes en el que se piensa realizar. En este paso se ponen las acciones u objetivos generales (ver tabla 3-9).

#	Evento específico	Etapa	Calendario de seis meses					
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								

Tabla 3-9. Plan Kaizen mensual

- Después de haber elaborado el Plan Kaizen mensual, el siguiente paso es definir las actividades que se realizarán por cada evento específico kaizen. En este paso también se definen los miembros del equipo de la cadena de valor y se asigna a un responsable por cada actividad. Es importante mencionar que las actividades específicas tienen que ser definidas por los dueños del proceso, es decir, gente que conoce el área a la que se le piensa aplicar una mejora (ver tabla 3-10).

Cadena de Valor:		Miembros del Equipo de la Cadena de Valor:												
#	Actividad	Responsable	Enero			Febrero			Marzo			Abril		
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														

Tabla 3-10. Actividades por evento Kaizen

- Cuando se hayan definido las actividades por cada evento Kaizen el siguiente paso es presentarlo a los directivos.
- Una vez aceptado el evento Kaizen, es necesario verificar que el equipo que formará parte de la implementación tenga claro conocimiento de:
 - Lo que se va hacer.
 - El impacto que va a tener el llevar a cabo el proyecto.
 - Cuáles son los ahorros que se esperan alcanzar.
 - Cómo se relaciona el proyecto con los objetivos estratégicos.
- Por último, teniendo las actividades, responsables y el equipo tiene el conocimiento de lo que se va hacer, el siguiente paso es llevar a cabo el Plan de Acción que se diseñó.

PASO 10: BÚSQUEDA DE LA PERFECCIÓN.

En esta etapa se busca un continuo esfuerzo permanente de la mejora. Y se dice que la perfección es llegar a la completa eliminación de desperdicio y estar en el punto en el que todas las actividades crean valor para el cliente. Y para poder lograr esto, se requiere construir un sostenimiento en los procesos.

Para sostener los procesos no se trata de técnicas sino del personal, y para que una jornada de mejora sea exitosa el personal necesita estar comprometida con la

empresa y con el sistema. Y un método para alcanzar el involucramiento del personal puede ser el que recomienda Nigel Wood “Política de desarrollo”.

Política de Desarrollo

La “Política de Desarrollo” consiste en establecer metas enfocadas o indicadores claves de desempeño (KPI’s), para la mejora y construir planes para alcanzarlas. Este proceso envuelve una cascada de metas y de KPI’s que van desde el nivel grupo o compañía a nivel equipo como se muestra en la figura 3-5. A continuación se presentan los principios KPI:

- Enfocarse en calidad, costo, entrega y personal.
- Crear cascadas desde el nivel de grupo a nivel de equipo.
- Reportar sobre tendencias, objetivos y acciones.
- Reportar al punto de uso.
- Reporte apropiado de frecuencias.

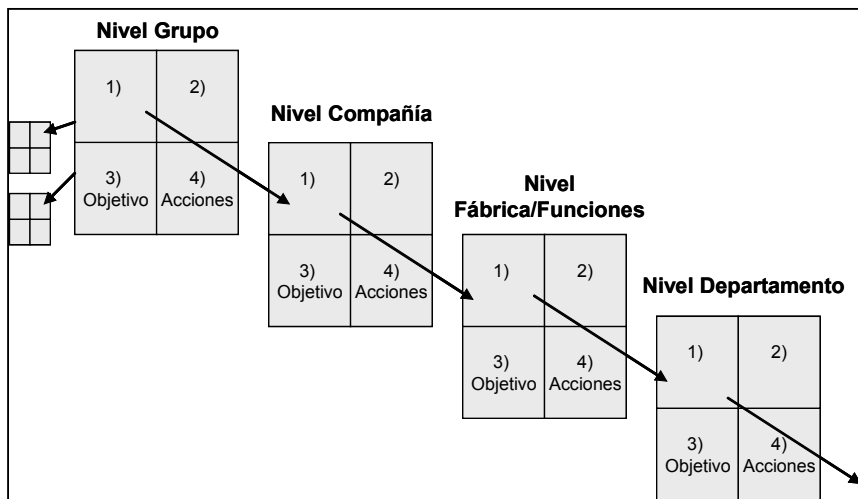


Figura 3-5. Cascada de “Política de Desarrollo”

Para alcanzar la “Política de Desarrollo” de manera efectiva se debe de considerar:

- Compromiso evidente de los altos directivos.
- Clara visión del futuro.
- Priorización de los proyectos.
- Dueños del proceso responsables para los resultados.
- Objetivos en cada nivel que soporten el objetivo global.
- Riguroso seguimiento del proceso.
- Visibilidad (Gráficas, plan, proyectos de seguimiento y cascadas KPI).
- Contar con recursos críticos para la mejora.

Nicola Bateman también ha identificado otros aspectos que se tienen que considerar para alcanzar el sostenimiento en los procesos y son (Bateman, 2001):

- Debe de haber un camino formal de documentar las ideas que provienen de piso de producción.
- La compañía debe asegurarse que los operadores tomen decisiones en equipo acerca de la manera en como deben trabajar.
- Diario debe de haber tiempo para las actividades de mejora.
- Los gerentes deben enfocarse en actividades de mejora.

Por último, para asegurarse de que la gente esté involucrada realmente en el sostenimiento del proceso dos cosas necesitan estar presentes: capacidad (tiempo y recursos) e intención (determinación, impulso e insistencia).

CAPÍTULO IV. Aplicación de la metodología para analizar un caso práctico

En este capítulo se mostrarán los resultados obtenidos de aplicar la metodología propuesta de implementación del Sistema de Manufactura Esbelta para el diagnóstico de una compañía.

La aplicación de la metodología se trabajó en conjunto con una herramienta que se llama Leanview. Y se hace uso de la herramienta a partir de la fase de análisis hasta la fase de implementación.

4.1 Fase de Preparación

PASO 1: COMPROMISO CON “MANUFACTURA ESBELTA”

Antes de dar inicio con la aplicación de la metodología de implantación del Sistema de Manufactura Esbelta, se habló con la alta dirección y se le hizo una pequeña presentación sobre lo que consistía éste sistema.

Una vez que estuvieron de acuerdo, se identificó con la alta dirección quién sería el administrador de la cadena de valor, el líder y los miembros del equipo de implantación. Establecido el equipo, se prosiguió a elaborar la gráfica de “Gantt” para mostrar las fechas a las que se comprometería la empresa en llevar a cabo este caso práctico. También se asignaron responsables para cada actividad programada.

PASO 2: SELECCIÓN DEL FLUJO DE VALOR A ANALIZAR (Producto o Familia de Producto)

Debido a que el cliente no supo definir cuál flujo de valor analizar, se decidió utilizar uno de los métodos de selección de la cadena de valor, para decidir cuál flujo de valor enfocarse y con ello lograr la mejora esperada.

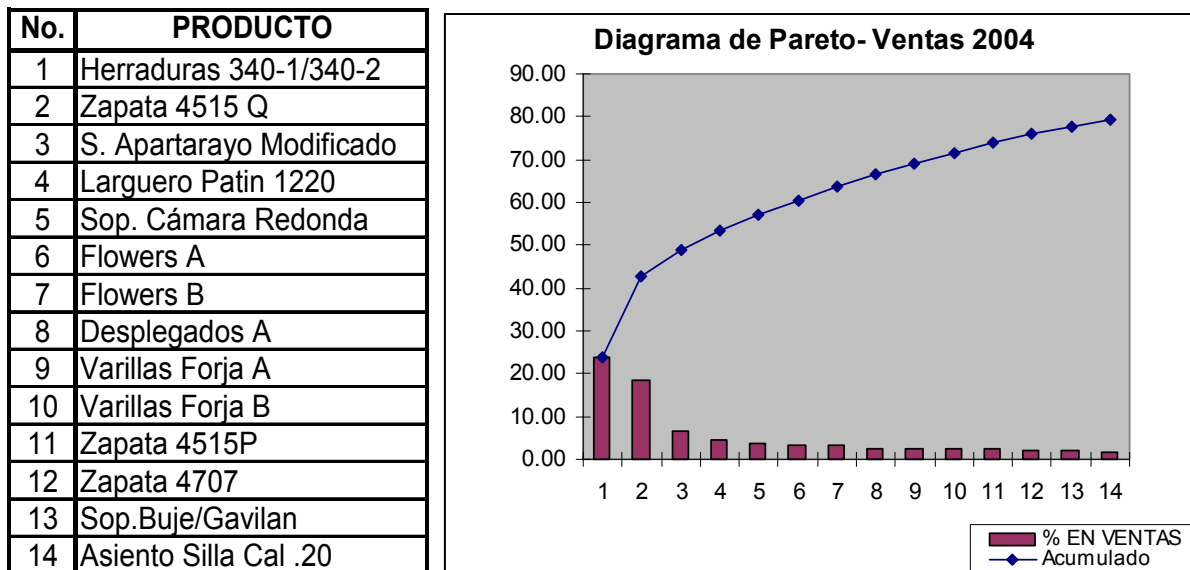
El método seleccionado fue el “Análisis producto-cantidad (PQ)” que consiste en ver si algunos números de parte trabajan en volúmenes altos suficientes para elegir de manera obvia el producto a analizar. A continuación se presentan los resultados de la aplicación de los cuatro pasos que se mencionan en la metodología del capítulo III.

Paso 1 y 2: Lista de productos por orden de prioridad para el análisis PQ

No.	PRODUCTO	% EN VENTAS
1	Herraduras 340-1/340-2	24.00
2	Zapata 4515 Q	18.59
3	S. Apartarayo Modificado	6.43
4	Larguero Patin 1220	4.37
5	Sop. Cámara Redonda	3.61
6	Flowers A	3.42
7	Flowers B	3.42
8	Desplegados A	2.66
9	Varillas Forja A	2.49
10	Varillas Forja B	2.49
11	Zapata 4515P	2.32
12	Zapata 4707	2.07
13	Sop.Buje/Gavilan	1.89
14	Asiento Silla Cal .20	1.53

Tabla 4-1. Lista del porcentaje de ventas por tipo de producto por orden de alto volumen

Paso 3: Crear la gráfica de “Pareto” utilizando el formato de análisis PQ.



Gráfica 4-1. Diagrama de Pareto de las ventas del 2004

En la gráfica 4-1 se muestra los resultados de la Gráfica de “Pareto”, donde se pudo observar de manera clara los productos con mayor volumen de ventas. Y debido a que son muchos los productos que maneja la empresa sólo se graficaron los 14 productos que forman el 80% de las ventas anuales.

Paso 4: Analizar la mezcla de productos

De acuerdo a los resultados del método de análisis PQ, el de mayor volumen es un producto que proviene de una familia del área automotriz y es un producto de maquila, por lo que este producto tiende a cambiar de acuerdo a las necesidades del cliente y por lo tanto a la empresa no le interesa tanto analizar su “flujo de valor”. Sin embargo, el segundo producto que salió con mayor volumen de ventas (Zapata 4515Q) no es de maquila y es marca registrada de la empresa, por lo que este producto sí le interesa a la empresa analizar.

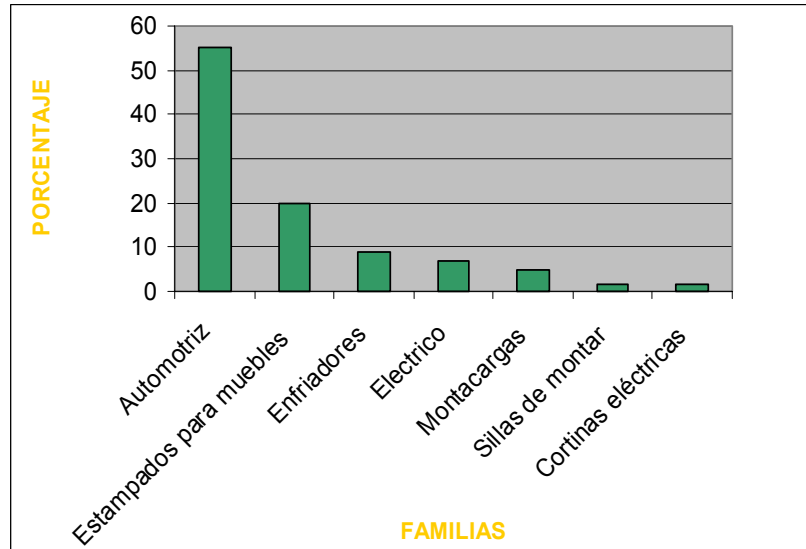
Por lo tanto, el proceso que se ha seleccionado es de la Familia Automotriz y su producto es la Zapata 4515Q que es originario de la empresa. Y que además la empresa está muy interesada en realizar su “Flujo de Valor” debido a que es un producto que la empresa está al 100% de principio a fin, y es:

- Un flujo de valor que no incluye más de una máquina de operación por estación.
- Y su flujo de valor no incluye más de doce operaciones o estaciones de proceso.

A continuación se mostraran todas las características del producto Zapata 4515Q de manera detallada.

Dentro de las familias que trabaja la empresa se tiene que la familia Automotriz es en la que se presenta mayor porcentaje de ventas en comparación con las demás

y esto fortalece la decisión para trabajar con un producto referente a esta familia y esto se demuestra en la siguiente gráfica.



Gráfica 4-2. Familia de Productos ordenado por % de volumen

Las familias que representan el 80% total de las ventas dentro de la Empresa que se mostraron en la tabla anterior son las siguientes:

- × Automotriz con un 50%
- × Estampados para muebles 20%
- × Enfriadores 10%

Dentro de estas familias que representan las mayores ventas los productos más importantes son los siguientes:

- × Juego de Herradura 430-1 / 430-2
- × Zapata 4515Q
- × Soporte apartarrojo modificado
- × Larguero Patín 1220
- × Soporte para cámara redondo
- × Flowers A
- × Flowers B
- × Desplegados A
- × Varillas forjadas A

- × Varrillas forjadas B
- × Zapata 4515P
- × Zapata 4707
- × Soporte Porta Buje/Gavilán
- × Asiento para Silla Cal. 20

Por lo tanto, el producto Zapata 4515Q es la mejor opción para analizar su cadena de valor. Y debido a que son varios productos que cuentan con la misma ruta de operaciones, se analizará el grupo de Zapatas de la familia Automotriz.

PASO 3: APRENDER ACERCA DE “MANUFACTURA ESBELTA”

Una vez que se hizo la planeación a través de una gráfica de “Gantt”, se programó la capacitación del equipo que estaría trabajando con la aplicación de la metodología propuesta en la compañía.

La capacitación se dividió en 2 sesiones:

- En la primera sesión se habló sobre los orígenes de la Manufactura Esbelta y después se explicó a detalle cada una de las herramientas de ME como 5S's, SMED, JIDOKA, control visual, etc. Ésta sesión tuvo una duración de 5 horas.
- En la segunda sesión se dio la capacitación de cómo elaborar el mapa de la cadena de valor (Storyboard). En esta sesión además de explicar cómo se hace el mapa, se aprovechó para empezar a estructurar el mapa de la cadena de valor seleccionada. Terminando la sesión se prosiguió a repartir las actividades para recabar en piso la información de cada uno de los procesos. Ésta sesión tuvo duración de 5 horas y se tomaron dos semanas para realizar los diagramas de flujo de cada proceso.

4.2 Fase de Análisis

PASO 4: DEFINICIÓN DE OBJETIVOS Y RESULTADOS ESPERADOS DE LA IMPLANTACIÓN DE “MANUFACTURA ESBELTA”

El primer paso en la fase de análisis, es definir los objetivos y resultados esperados de llevar a cabo la implantación de la Manufacture Esbelta en la cadena de valor seleccionada. En este paso se definieron los cuatro elementos en la compañía (el quinto está definido por Leanview) y se dieron de alta en Leanview. A continuación en la figura 4-1 se presentan los objetivos y resultados definidos por la empresa.

Business Case	Value Statement	Key Requirements	Measurements	Ideal State
<ul style="list-style-type: none"> Se pueden perder clientes por altos costos de producción y tiempos de entrega largos 	<ul style="list-style-type: none"> Mejorar el desempeño de los costos a través de la sincronización de producción con la demanda del cliente 	<ul style="list-style-type: none"> Reducir el flujo en días para cumplir con la demanda del cliente Reducir el nivel de inventarios (MP, PP,PT) 	<ul style="list-style-type: none"> Tiempo de ciclo Niveles de inventario Roka Ebit 	<ul style="list-style-type: none"> On-Demand Defect Free 1-By-1 Lowest Cost

Figura 4-1. Recuadro de objetivos y expectativas lleno

Una vez que es desarrollada la parte de objetivos y resultados esperados, se procede a llenar las propiedades de la cadena de valor (VSM properties) en el software. A continuación se presentan las dos tablas que se llenaron con la información de la empresa (ver figura 4-2 y 4-3).

- Tabla general:

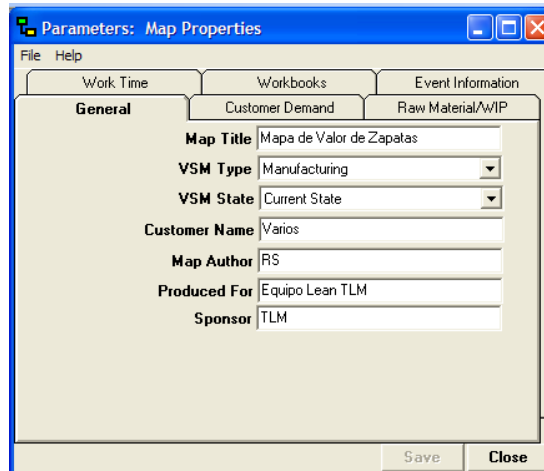


Figura 4-2. Tabla General

- Tabla de tiempo de trabajo:

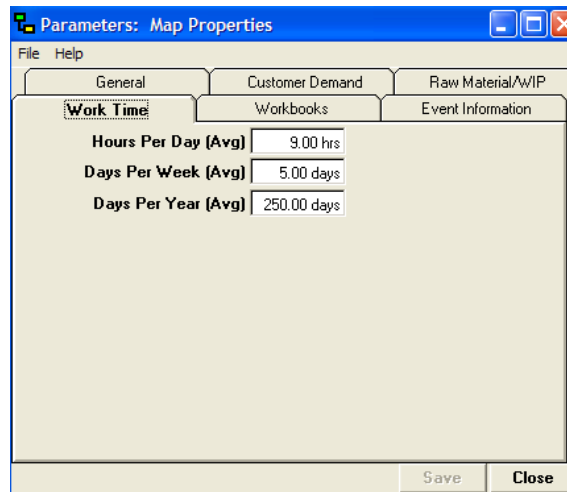


Figura 4-3. Tabla de tiempo de trabajo

Ya que se han definido los objetivos y los datos generales de la implantación como familia de producto de la cadena de valor, tipo de mapa (actual, ideal o futuro), etc. El paso que sigue es hacer el análisis de la demanda.

PASO 5: ANÁLISIS DE LA DEMANDA

Para el análisis de la demanda se hizo lo siguiente:

1. Recopilar datos de la demanda del producto o familia de productos a estudiar

Debido a que la empresa no cuenta con algún método de pronóstico y se cuenta con un tiempo limitado para la elaboración del mapa del estado actual, se tomó la decisión de considerar la demanda del año anterior con factor igual a 1. A continuación se presenta la demanda de la compañía.

Demanda					
	Item	Qty	Units	Price	\$/Period
	Zapata 4515Q	3500	pzas	88	\$ 308,000.00
	Zapata 4515P	600	pzas	92	\$ 55,200.00
	Zapata 4707	300	pzas	94	\$ 28,200.00
	Zapata 4524	200	pzas	95	\$ 19,000.00
	Zapata 4709	100	pzas	97	\$ 9,700.00
	Total				\$ 420,100.00

Tabla 4-2. Demanda por tipo de producto

2. Llenar las propiedades de la Cadena de Valor en el software “Leanview”

Una vez que se definió la cadena de valor y se obtuvo su demanda, el siguiente paso es dar de alta la demanda en el software Leanview. A continuación se presenta a detalle el llenado de la tabla de demanda.

- Tabla de demanda: aquí se da de alta el nombre de la familia de producto, el periodo de la demanda y el listado de los productos con sus cantidades por periodo. Y por último viene un factor de demanda que es igual a 1 si se va a considerar los valores que coloques y si tu demanda del año anterior está por debajo del que viene se le pone un factor que represente el aumento que podría presentarse para el año siguiente, sin necesidad de corregir los números, solo se cambia el factor (ver figura 4-4).

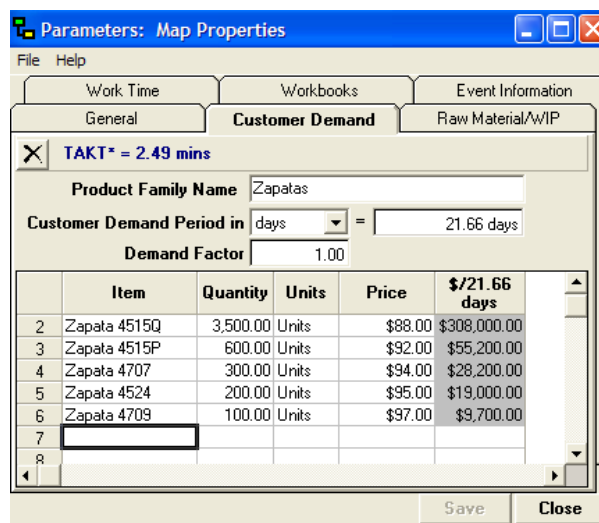


Figura 4-4. Tabla de demanda del cliente

b) Cálculo del “Takt Time” y “Pitch”

Después de que se recabó la información que se recolectó de la demanda del cliente, se calculó el tiempo takt a través del software Leanview. Éste valor también se puede ver en la figura 4-4.

$$\text{Tiempo Takt} = \frac{\text{Tiempo disponible de producción}}{\text{Cantidad diaria total requerida}}$$

$$\text{Tiempo Takt} = 2.49 \text{ minutos}$$

Aunque el valor del tiempo takt no resultó ser tan pequeño como para justificar el cálculo del “Pitch” cuando se busca flujo pieza a pieza, se calculó el pitch de acuerdo al tamaño de lote que se está manejando actualmente dentro de la empresa y con el cliente.

$$\text{Pitch} = \text{tiempo takt} \times \text{tamaño lote o paquete estándar}$$

$$\text{Pitch} = 2.49 \text{ min} \times 100 \text{ zapatas}$$

$$\text{Pitch} = 249 \text{ min} = 4.15 \text{ horas}$$

No siempre es práctico utilizar el tiempo takt debido a las condiciones del cliente, sin embargo el usar pitch ayuda a que los lotes no sean de tamaños tan grandes y se aproxime lo más que se pueda al flujo ideal pieza por pieza. Si se requiere utilizar el pitch para el análisis de la demanda se tendrá que hacer manual, debido a que el software Leanview no lo calcula.

Imagen Takt: Visualiza el flujo hacia una sola pieza

Para mantener el verdadero espíritu del pensamiento esbelto, se debe creer en la idea de contar con un estado ideal que consiste en tener un flujo pieza a pieza, y desafiar cada compromiso que se hace. La idea es, asegurarse de que se está

haciendo todo lo posible para mejorar continuamente y con ello poder cumplir con las expectativas del estado ideal.

PASO 6: ANÁLISIS FINANCIERO

El análisis financiero está basado en el análisis ROKA (retorno sobre los activos clave), que proporciona el software de Leanview. Y para poder desarrollar este análisis es importante primero obtener la información financiera y después hacer el cálculo a través del software.

a) Obtener Información financiera

El primer paso que se requiere hacer para poder calcular el ROKA es obtener la información financiera. Para ello, se obtuvo de la compañía: los ingresos anuales de la familia de productos, el desglose de los costos y el valor de los activos (inventarios, activos fijos y cuentas por cobrar)

1) Ingresos anuales de la cadena de valor

Los ingresos anuales se obtuvieron al dar de alta la cantidad de demanda por periodo y el precio unitario de cada tipo de producto. Una vez que se dieron de alta estos datos, el software calcula el monto por periodo por tipo de producto como se observa en la figura 4-5. Los datos de la demanda que se presentan en esta figura ya se habían capturado en un paso anterior, pero si todavía no se han incluido los precios, en este paso es cuando se dan de alta en esta misma tabla.

Parameters: Map Properties

File Help

Work Time Workbooks Event Information

General Customer Demand Raw Material/WIP

TAKT* = 2.49 mins

Product Family Name: Zapatas

Customer Demand Period in: days = 21.66 days

Demand Factor: 1.00

	Item	Quantity	Units	Price	\$/21.66 days
1		0.00	Units	\$0.00	\$0.00
2	Zapata 4515Q	3,500.00	Units	\$88.00	\$308,000.00
3	Zapata 4515P	600.00	Units	\$92.00	\$55,200.00
4	Zapata 4707	300.00	Units	\$94.00	\$28,200.00
5	Zapata 4524	200.00	Units	\$95.00	\$19,000.00
6	Zapata 4709	100.00	Units	\$97.00	\$9,700.00
7					

Save Close

Figura 4-5. Tabla de demanda del cliente e ingresos por periodo

2) Desglose de costos de la cadena de valor

En esta parte se recopilaron los principales costos de la compañía para fabricar los productos de la cadena de valor. Estos costos son: materia prima, costos fijos (renta de local), mano de obra (directa, indirecta, tiempo extra), energía y otros (insumos). Todos estos costos se calcularon por periodo.

En algunos casos, se presentó que los costos están mezclados con diferentes familias de productos, por lo que se cargó la proporción del costo correspondiente a la demanda de la familia de producto a analizar.

A continuación se presentan los costos y las tablas de Leanview en donde fueron dados de alta éstos.

Para la materia prima se busca la tabla en las propiedades del VSM y se realiza lo siguiente:

- Materia prima: en esta tabla se da de alta la materia prima, las cantidades que se requieren por periodo, la unidad y el precio unitario (ver figura 4-6).

	Item	Quantity	Units	Price	\$/21.66 days
1	Lamina	41,759.30	Kgs	\$5.62	\$234,687.27
2	Alambre p/soldar	3.13	Rollos	\$346.80	\$1,085.48
3	Pintura	0.78	Tambor	\$4,413.22	\$3,442.31
4	Xilol	0.39	Tambor	\$1,548.00	\$603.72
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					

Figura 4-6. Tabla de materia prima

A continuación en la figura 4-7 se puede ver un recuadro en donde en la pestaña de costos (expenses), muestra 4 subpestañas con los títulos de fijos (fixed), mano de obra (people), energía (energy) y por último otros (others).

Aquí es donde se van dando de alta los datos recabados para cada tipo de costo.

- Costos fijos: para la compañía el único costo fijo es la renta de local que es de \$40,375.00 por periodo y debido a que el espacio requerido para la familia zapata es tan solo el 20% del local. El costo asignado para la familia zapata es de \$8,075.00 (ver figura 4-7).

	Item	\$/Period
1	Renta Local (40375)*0.2	\$8,075
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		

Figura 4-7. Tabla ROKA de costos fijo

- Costo de mano de obra: la compañía cuenta con tres tipos de costo. Éstos son: mano de obra directa con un monto de \$17,750 por periodo, tiempo extra con un monto de \$16,000 y por último el costo de mano de obra indirecta que es de \$18,000 por periodo. Todos estos costos equivalen al 20% del costo total de cada tipo de mano de obra (ver figura 4-8).

	Item	\$/Period
1	Mano de Obra Directa (0.2*88750)	\$17,750
2	Mano de Obra Tiempo Extra (80000)	\$16,000
3	Mano de Obra Indirecta (0.2*90000)	\$18,000
4		
5		
6		
7		
8		
9		

Figura 4-8. Tabla ROKA de costos de mano de obra

- Costo de energía: el costo es de \$33,000.00 por periodo y debido a que la energía requerida para la familia zapata es tan solo el 20%. El costo asignado para la familia zapata es de \$6,600.00 (ver figura 4-9).

	Item	\$/Period
1	Energía (33000*0.2)	\$6,600
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		

Figura 4-9. Tabla ROKA de costos de energía

- Otros costos: para la compañía los únicos otros costos que podrían considerarse son los del insumo y su monto es de \$1,000.00 por periodo (ver figura 4-10).

	Item	\$/Period
1	Insumos	\$1,000
2		\$0
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		

Figura 4-10. Tabla ROKA de otros costos

3) Valor de los activos (inventarios, activos fijos, cuentas por cobrar)

De la misma manera en que se obtuvieron los costos, se recopiló el valor de los activos de inventarios, fijos (máquinas, edificio, transporte, etc.) y cuentas por cobrar.

- Valor del inventario

A continuación en la tabla 3-1 se presenta el resumen del valor de los inventarios para la compañía que reportó el software Leanview, una vez que fue elaborado el mapa de la cadena de valor. Por lo que primero se calcula de manera manual el valor del inventario y se da de alta en la tabla ROKA y una vez que se elabora el mapa se corrobora la información y se hacen las correcciones pertinentes.

Item	Unit of Measure	Total Inventory Quantity	Consumption in Period	Average Unit Cost	Value	Turns in Period
Zapata 4515P	Units	708	600	\$92.00	\$65,136	0.85
Zapata 4515Q	Units	1,500	3,500	\$88.00	\$132,000	2.33
Zapata 4524	Units	364	200	\$95.00	\$34,580	0.55
Zapata 4707	Units	396	300	\$94.00	\$37,224	0.76
Zapata 4709	Units	33	100	\$97.00	\$3,201	3.03
Product	Items	3,001	4,700		\$272,141	1.50
Lamina	kgs	60,240	25,608	\$9.22	\$555,413	0.43
Material/WIP	Items	60,240	25,608		\$555,413	0.43
Total	Items	63,241	30,308		\$827,554	0.96

Tabla 4-3. Valor de los inventarios en pesos (MP, WIP, PT)

- Valor de cuentas por cobrar

Este tipo de activo es calculado y dado por la compañía. El valor de las cuentas por cobrar está dividida en moneda nacional y en dólares. A continuación en la tabla 4-4 se presentan los montos.

Cuentas por Cobrar	Cantidad	Unidad
En USD	50000	USD
En MX	1550000	pesos
Total	\$ 2,000,000.00	pesos

Nota: 1 USD= \$10.50

Tabla 4-4. Valor de las cuentas por cobrar

- Valor de activos fijos

Los activos fijos de la compañía están conformados por el valor de las máquinas utilizadas para la fabricación de la familia zapata y por la utilización de montacargas como medios de transporte. A continuación se presentan los datos obtenidos por la compañía.

Proceso	Máquina	# Máquina	Costo unitario (USD)	Costo Total	utilización en zapatas	Costo total en zapata
Corte Tabla	Prensa 400 ton	1	100000	\$ 1,050,000.00	0.2	\$ 210,000.00
Corte Costilla	Prensa 350 ton	1	100000	\$ 1,050,000.00	0.2	\$ 210,000.00
Perforado	Prensa 110 ton	1	60000	\$ 630,000.00	0.8	\$ 504,000.00
Rolado	Rolado	1	20000	\$ 210,000.00	1	\$ 210,000.00
Planchado	Planchado	1	20000	\$ 210,000.00	1	\$ 210,000.00
Ensamable	Ensamable	1	35000	\$ 367,500.00	1	\$ 367,500.00
Soldado	Soldado	1	40000	\$ 420,000.00	1	\$ 420,000.00
Pulido	Pulido	1	0	\$ -	1	\$ -
Lavado	Lavado	1	20000	\$ 210,000.00	1	\$ 210,000.00
Pintado	Pintado	1	40000	\$ 420,000.00	1	\$ 420,000.00
Transporte	Montacarga	1	25000	\$ 262,500.00	1	\$ 262,500.00
Total		11	460000	\$ 4,830,000.00		\$ 3,024,000.00

Nota: 1 USD= \$10.50

Tabla 4-5. Valor de los activos fijos

A continuación en la figura 4-11 se muestra la tabla de ROKA de Leanview, en donde se dieron de alta los activos calculados en la etapa anterior.

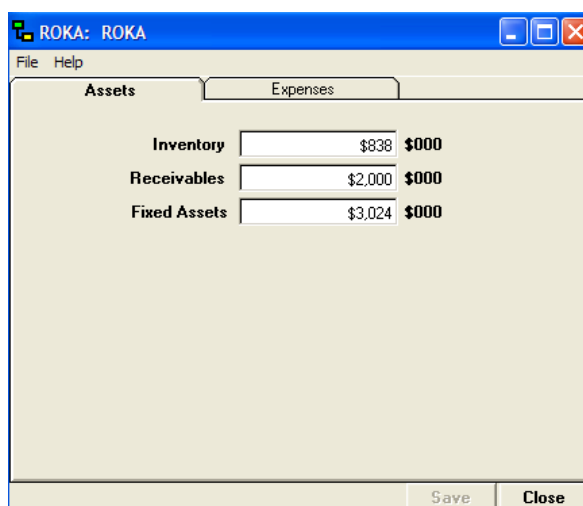


Figura 4-11. Tabla de activos del recuadro ROKA

b) Calcular ROKA (Retorno sobre activos clave)

Una vez que se de de alta la información completa de los costos y activos en la tabla de ROKA. El sistema arroja un análisis financiero que se muestra a continuación en la figura 4-12.

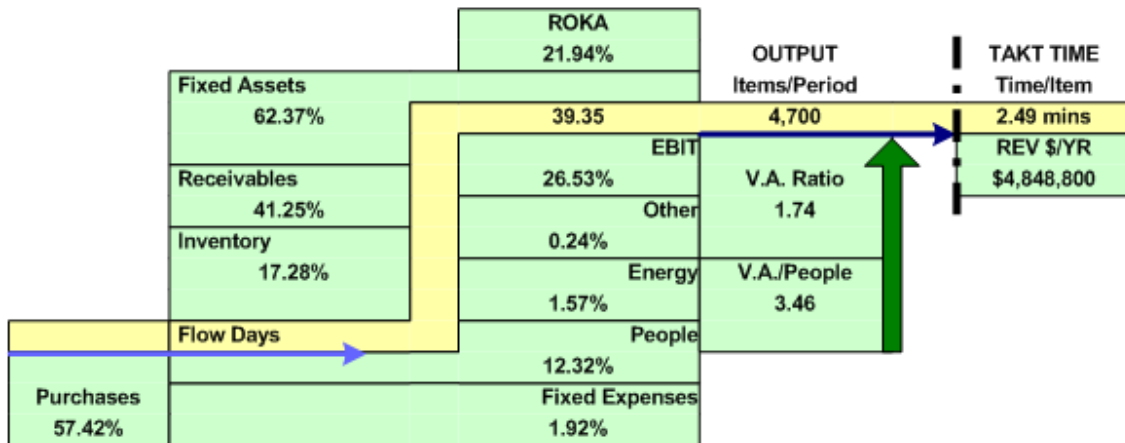


Figura 4-12. Análisis ROKA

A continuación se presentan los indicadores principales que hay que observar de la empresa en la tabla 4-6:

	Indicador	Valor anual
1	Ingreso anual	\$ 4,848,800.00
2	EBIT	26.53%
3	ROKA	21.94%

Tabla 4-6. Resultados de los indicadores del análisis ROKA

También es importante observar los porcentajes que representan los costos y los activos sobre los ingresos, debido a que éstos nos indican en donde se encuentra la fuga o fugas principales de dinero. De acuerdo a la figura 4-13, el costo más alto es el de materia prima con un 57.42% y en activos el más alto es en fijos que representa el 62.37% de los ingresos anuales.

PASO 7: ANÁLISIS DEL FLUJO DE VALOR DEL ESTADO ACTUAL

Una vez que se tiene un claro entendimiento de lo que son los conceptos de Manufactura Esbelta y que se ha realizado el análisis de demanda y financiero. El siguiente paso es mapear el estado actual de producción de la cadena de valor seleccionada en el paso 2 de la metodología. Pero antes de hacer el mapeo se debe de especificar el valor desde el punto de vista del cliente.

a) Especificar el valor desde el punto de vista del cliente

A continuación se presenta el valor especificado por el cliente tanto interno como el final de la compañía.

1) Identificar el tipo de cliente

El análisis de la cadena de valor se enfocará en los dos tipos de clientes tanto el interno como el final, sin embargo, para la empresa el enfoque se cargará en el cliente final.

2) Determinar sus requerimientos

Una vez que se ha identificado el tipo de cliente, se debe de determinar el valor desde el punto de vista del cliente. A continuación se presentan los requerimientos encontrados para cada tipo de cliente:

- Consumidor o cliente final
 - Producto libre de defectos.
 - Disponibilidad del producto en el momento y cantidad requerida.
 - Relación valor-precio razonable.

- Cliente interno
 - Disponibilidad de materia prima en el momento y cantidad requerida.
 - Flexibilidad del proceso para incorporar cambios en la demanda.

Estos requerimientos se determinaron de acuerdo a las quejas y/o comentarios de ambos clientes.

b) Mapear el flujo de valor en el estado actual

Una vez que se tiene con claridad a qué cliente o consumidor van a ir enfocados los esfuerzos, se procede a elaborar el mapa del estado actual. Pero antes de iniciar con las etapas del mapa del estado actual, a continuación se presenta la descripción de cada una de las operaciones que conforman la cadena de valor de la familia “Zapata”.

Descripción por etapas del proceso para la familia de zapatas

La zapata consta de dos costillas y una tabla, están hechas con lamina de acero. Las hojas de lamina tienen las medidas de 15.9*72 in o de 3.16 de 16*72 in. El proceso para realizar la zapata completa se detalla a continuación:

- Corte de Costilla en lámina



La lámina llega del almacén de troqueles al área de la troquelado, se cortan la costillas en la hoja de lamina, y salen 17 costillas aproximadamente. El operador inspecciona cada pieza cortada en el troquel, checando que se haya hecho correctamente cada corte, si hay una pieza que no se corto correctamente se retrabaja para solucionar la falla que se presentó en la pieza.

- Corte de tabla en lámina



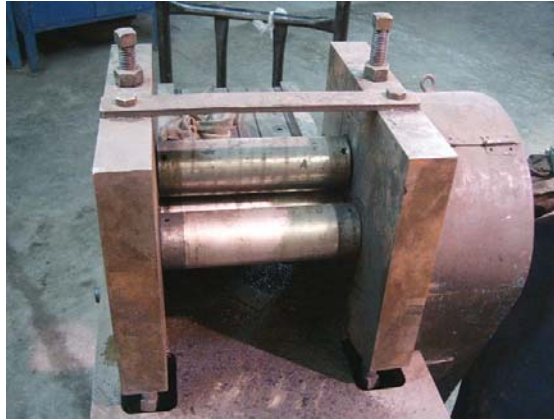
La lámina llega del almacén de los troqueles y pasa al área de las troqueles, aquí se cortan las tablas en la lámina con medidas de 72 pulgadas de largo y caben de 7 a 8 tablas en una hoja de lámina, aquí la tabla se troquela y en cada tabla se punzonan 12 agujeros distribuidos en la tabla. La inspección consta en que el corte de la tabla y los punzonados se hayan hecho correctamente.

- Perforación de Costilla



Del área de guillotinas la costilla ya cortada correctamente es llevada al área de perforación en donde se punzonan 2 agujeros en las orillas de la costilla. En esta misma área se coloca el logo de la empresa y es troquelado en medio de la costilla. El operador inspecciona que se hayan hecho correctamente los punzonados y el troquelado del sello y lo pasa a la siguiente área de ensamble.

- Rolado de tabla



Cuando se corta la tabla con sus especificaciones se pasa a el área de rolado, en esta área se pasa la lamina por el rolado para hacer la forma curva de la tabla. La lámina ya rolada se revisa con un patrón para que tenga el grado de escuadre indicado. Si una pieza esta mal, se retrabada en esta misma área al final de la producción total. De esta aquí del rolado pasa al área de planchado.

- Planchado de tabla



En esta área la tabla que ya paso por el rolado en sus esquinas no se hace completamente la curvatura y aquí en el planchado se colocan las esquinas en una plancha para que tengan el escuadre de acuerdo a la curvatura en toda la tabla.

- Ensamble Manual



Después de que la costilla se corto en la lamina y se perforo se pasa al área de ensamble manual; igualmente después de que la tabla se corta en la lamina en el área de troquel, se pasa al rolado y al planchado, llega a esta área de ensamble manual, donde se unen la tabla y la costilla.

Se toman dos costillas y se colocan dentro de las ranuras de la base de la maquina, encima en la base se coloca la tabla de manera que concuerde la curvatura en la base y se acomoda en los topes que se tiene en los extremos en la base para que no quede desalineada y así se empieza el punteo con la soldadora de micro alambre y esta soldadura se hace en los extremos de la costilla en la tabla y este ensamble es para que queden unidas las 3 partes para que cuando pasen al ensamble automático no se muevan.

- Soldado automático



La costillas y la tabla ya quedan unidas con el ensamble manual, pero ahora pasan al área de soldadura automática, y en esta área se soldadura ya se fijan las tres partes, la maquina soldadora, va punteando toda la parte que se unen las costillas con la tabla. Al terminar de soldarse el operario la inspecciona de que se haya punteado bien, si hay partes que no quedan bien punteadas se retrabajan al final de la producción.

- Pulido



En esta área de pulido, se van lijando los punteos para que no queden ningunos bordes, quede lisa y sin ninguna imperfección.

- Lavado



Las zapatas ya que están ensambladas en su totalidad se traen al área de lavado para que se limpien de grasa y tierra, se meten en un lavado de agua caliente, tal proceso tiene una duración de 7 minutos, se meten lotes de 10 piezas por proceso de lavado, después de que han sido lavadas el operario las limpia cada una, es importante que queden bien limpias y sequen bien cada pieza.

- Pintado



Ya que estén secas y limpias las zapatas que vienen del área de lavado se prosigue a que lleguen a esta área de pintura, donde se coloca cada zapata en un gancho del carrusel, el operador va pintando cada zapata con una pistola, la pintura es líquida de secado rápido. Cada pieza tarda una vuelta dentro del carrusel, de ahí se baja del carrusel y se ponen en la tarima de producto terminado.

- Producto Terminado



En la tarima se colocan 100 piezas listas para enviar al cliente, se colocan las tarimas en el almacén de producto terminado.

Una vez que se sabe el qué consiste la ruta de la cadena de valor seleccionada, se presenta a detalle cada una de las etapas para poder elaborar el mapa del estado actual. Estas etapas son:

- Preparación
- Visita a piso de producción para recabar información
- Conclusiones

1) Preparación

a. Mapeo preliminar del proceso

En la figura 4-13 se presenta el mapa preliminar del estado actual que se hizo con el software Leanview. En este mapa todavía no se llenan las métricas para cada proceso hasta que se hayan definido y calculado las métricas que serán en las siguientes etapas.

Mapa de Valor de Zapatas

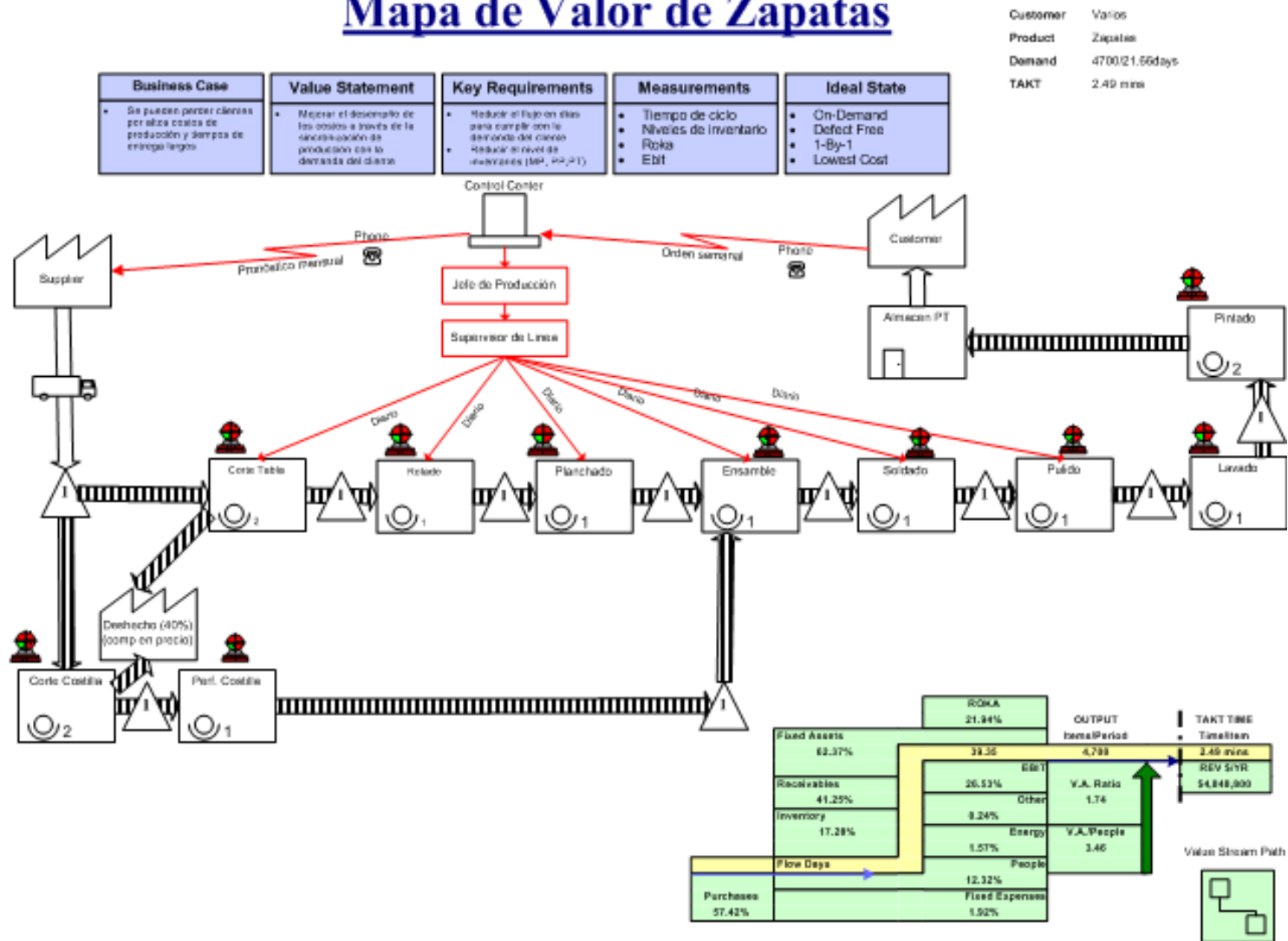


Figura 4-13. Mapa del estado actual de la familia de “Zapatas”

b. Definición de métricas clave

Una vez que se ha elaborado el mapa de la cadena de valor en Leanview, el siguiente paso fue definir las métricas claves que se van a considerar para el estudio de la cadena de valor. Las métricas que se eligieron fueron de dos tipos:

1. Las métricas estándar para cada proceso.
2. Las métricas estándar de la cadena de valor.

1. Métricas estándar de proceso:

Para este caso práctico las métricas estándar para cada proceso que se calcularon fueron las siguientes:

- Tiempo de flujo (Flow time).
- Tiempo Manual (MCT).
- Tiempo automático (ART).
- Gente (FTE).
- Cantidad normal del proceso.
- Tiempo de preparación (C/O, setup).
- Porcentaje de productos buenos (Yield).
- Porcentaje de tiempo del proceso que añade valor (VAT).
- Porcentaje de aprovechamiento de Materia Prima.
- Porcentaje de tiempo automático
- Porcentaje de tiempo de procesamiento natural (t_0)
- Porcentaje de Uptime
- Núm. de partes entre setups
- Porcentaje de utilización de las máquinas
- Días de Inventario
 - MP: Materia Prima
 - WIP: Producto en Proceso
 - PT : Producto Terminado

2. Métricas estándar de la cadena de valor

Estas métricas se aplicaron para toda la cadena de valor de la familia de zapatas. A continuación se presentan las métricas que se utilizaron para este caso práctico.

- Tiempo de flujo total (Lead time)
- Porcentaje de valor añadido en toda la cadena de valor (%VAT)
- Días de inventario total

2) Visita a piso de producción para recabado de información y cálculo de métricas definidas en la etapa de preparación

Ya identificadas las métricas que se utilizarían para el análisis de cada proceso, el siguiente paso fue obtener la información y calcular las métricas definidas.

- Para recabar la información de cada una de las operaciones, se hizo uso del diagrama de flujo del proceso. En el anexo 3 podrán encontrar el diagrama de flujo de las diez operaciones que forman el proceso de la fabricación de la familia zapata.
- Una vez que se obtuvieron los tiempos por proceso, se regresó con el operador y se identificaron otros atributos que se requirieron para el cálculo de las métricas estándar del proceso y de la cadena de valor.
- Después se calcularon las métricas con el uso de la herramienta propuesta y otras se calcularon manualmente (ver anexo 4).
- Por último, se dieron de alta las métricas calculadas anteriormente, que corresponden al software Leanview para cada proceso. Ver a continuación las figuras 4-14 a 4-23.

The screenshot shows a software window titled "Process: Corte Tabla". It has a menu bar with "File" and "Help". Below the menu bar are four tabs: "General", "Pieces", "Stats", and "Information". The "General" tab is active. The window contains the following fields and values:

- Trigger: Orden de producción
- Done: Tabla cortada
- Flow Time: 17.00 secs
- Manual Time (MCT): 13.00 secs
- Auto Time (ART): 4.00 secs
- People (FTE): 2.00
- Normal Process Quantity: 1.00
- C/O Time: 7,200.00 secs
- % Yield: 99.88%
- 24.00% of Process Time is Value Added

At the bottom, there are buttons for "Use Sub-Path", "Define", "Save", and "Close".

Figura 4-14. Tabla de métricas estándar del proceso de Corte Tabla

The screenshot shows a software window titled "Process: Corte Costilla". It has a menu bar with "File" and "Help". Below the menu bar are four tabs: "General", "Pieces", "Stats", and "Information". The "General" tab is active. The window contains the following fields and values:

- Trigger: Programación de Producción
- Done: Costilla Cortada
- Flow Time: 17.00 secs
- Manual Time (MCT): 12.00 secs
- Auto Time (ART): 5.00 secs
- People (FTE): 2.00
- Normal Process Quantity: 1.00
- C/O Time: 7,200.00 secs
- % Yield: 99.00%
- 29.00% of Process Time is Value Added

At the bottom, there are buttons for "Use Sub-Path", "Define", "Save", and "Close".

Figura 4-15. Tabla de métricas estándar del proceso de Corte Costilla

The screenshot shows a software window titled "Process: Perf. Costilla". It has a menu bar with "File" and "Help". Below the menu bar are four tabs: "General", "Pieces", "Stats", and "Information". The "General" tab is active. The window contains the following fields and values:

- Trigger: Programación de la Producción
- Done: Costilla Perforada
- Flow Time: 20.00 secs
- Manual Time (MCT): 14.00 secs
- Auto Time (ART): 6.00 secs
- People (FTE): 1.00
- Normal Process Quantity: 1.00
- C/O Time: 7,200.00 secs
- % Yield: 100.00%
- 29.00% of Process Time is Value Added

At the bottom, there are buttons for "Use Sub-Path", "Define", "Save", and "Close".

Figura 4-16. Tabla de métricas estándar del proceso de Perforado Costilla

The screenshot shows a software window titled "Process: Rolado" with a menu bar (File, Help) and four tabs: General, Pieces, Stats, and Information. The "General" tab is active. It contains the following fields:

- Trigger: Programa de Producción
- Done: Tabla rolada
- Flow Time: 21.00 secs (dropdown: secs)
- Manual Time (MCT): 11.00 secs (dropdown: secs)
- Auto Time (ART): 10.00 secs (dropdown: secs)
- People (FTE): 1.00
- Normal Process Quantity: 1.00
- C/O Time: 1,215.00 secs (dropdown: secs)
- % Yield: 99.20%
- 48.00% of Process Time is Value Added

At the bottom, there are buttons for "Use Sub-Path", "Define", "Save", and "Close".

Figura 4-17. Tabla de métricas estándar del proceso de Rolado

The screenshot shows a software window titled "Process: Planchado" with a menu bar (File, Help) and four tabs: General, Pieces, Stats, and Information. The "General" tab is active. It contains the following fields:

- Trigger: Programa de producción
- Done: Tabla Planchada
- Flow Time: 26.00 secs (dropdown: secs)
- Manual Time (MCT): 11.00 secs (dropdown: secs)
- Auto Time (ART): 15.00 secs (dropdown: secs)
- People (FTE): 1.00
- Normal Process Quantity: 1.00
- C/O Time: 1,800.00 secs (dropdown: secs)
- % Yield: 99.83%
- 58.16% of Process Time is Value Added

At the bottom, there are buttons for "Use Sub-Path", "Define", "Save", and "Close".

Figura 4-18. Tabla de métricas estándar del proceso de Planchado

The screenshot shows a software window titled "Process: Ensamble" with a menu bar (File, Help) and four tabs: General, Pieces, Stats, and Information. The "General" tab is active. It contains the following fields:

- Trigger: Orden de Producción
- Done: Zapata Ensamblada
- Flow Time: 55.00 secs (dropdown: secs)
- Manual Time (MCT): 33.00 secs (dropdown: secs)
- Auto Time (ART): 22.00 secs (dropdown: secs)
- People (FTE): 1.00
- Normal Process Quantity: 1.00
- C/O Time: 1,560.00 hrs (dropdown: hrs)
- % Yield: 100.00%
- 40.32% of Process Time is Value Added

At the bottom, there are buttons for "Use Sub-Path", "Define", "Save", and "Close".

Figura 4-19. Tabla de métricas estándar del proceso de Ensamble

The screenshot shows the 'Process: Soldado' window with the following data:

Metric	Value	Unit
Trigger	Orden de Produccion	
Done	Zapata Soldada	
Flow Time	55.00	secs
Manual Time (MCT)	32.00	secs
Auto Time (ART)	23.00	secs
People (FTE)	1.00	
Normal Process Quantity	1.00	
C/O Time	3,900.00	secs
% Yield	95.00%	
Value Added	41.68%	of Process Time is Value Added

Figura 4-20. Tabla de métricas estándar del proceso de Soldado

The screenshot shows the 'Process: Pulido' window with the following data:

Metric	Value	Unit
Trigger	Orden de Producción	
Done	Zapata Pulida	
Flow Time	56.00	secs
Manual Time (MCT)	56.00	secs
Auto Time (ART)	0.00	secs
People (FTE)	1.00	
Normal Process Quantity	1.00	
C/O Time	600.00	secs
% Yield	100.00%	
Value Added	68.38%	of Process Time is Value Added

Figura 4-21. Tabla de métricas estándar del proceso de Pulido

The screenshot shows the 'Process: Lavado' window with the following data:

Metric	Value	Unit
Trigger	Orden de Produccion	
Done	Zapata Lavada	
Flow Time	596.00	secs
Manual Time (MCT)	146.00	secs
Auto Time (ART)	450.00	secs
People (FTE)	1.00	
Normal Process Quantity	10.00	
C/O Time	1,080.00	secs
% Yield	100.00%	
Value Added	75.46%	of Process Time is Value Added

Figura 4-22. Tabla de métricas estándar del proceso de Lavado

The screenshot shows a software window titled 'Process: Pintado' with a menu bar (File, Help) and four tabs: General, Pieces, Stats, and Information. The 'General' tab is active, displaying the following metrics:

Metric	Value	Unit
Trigger	Orden de Producción	
Done	Zapata Pintada	
Flow Time	103.59	secs
Manual Time (MCT)	103.59	secs
Auto Time (ART)	0.00	secs
People (FTE)	2.00	
Normal Process Quantity	1.00	
C/D Time	5,400.00	secs
% Yield	100.00%	
53.09% of Process Time is Value Added		

At the bottom of the window, there are buttons for 'Use Sub-Path', 'Define', 'Save', and 'Close'.

Figura 4-23. Tabla de métricas estándar del proceso de Pintado

3) Conclusión del Mapa Estado Actual

Una vez que se ha hecho el mapeo preliminar del proceso, que se han definido y calculado las métricas, a continuación se presenta cómo quedó el mapa del estado actual completo (ver figura 4-24) y los resultados que se obtienen al haber hecho este mapa del estado actual.

Mapa de Valor de Zapatas

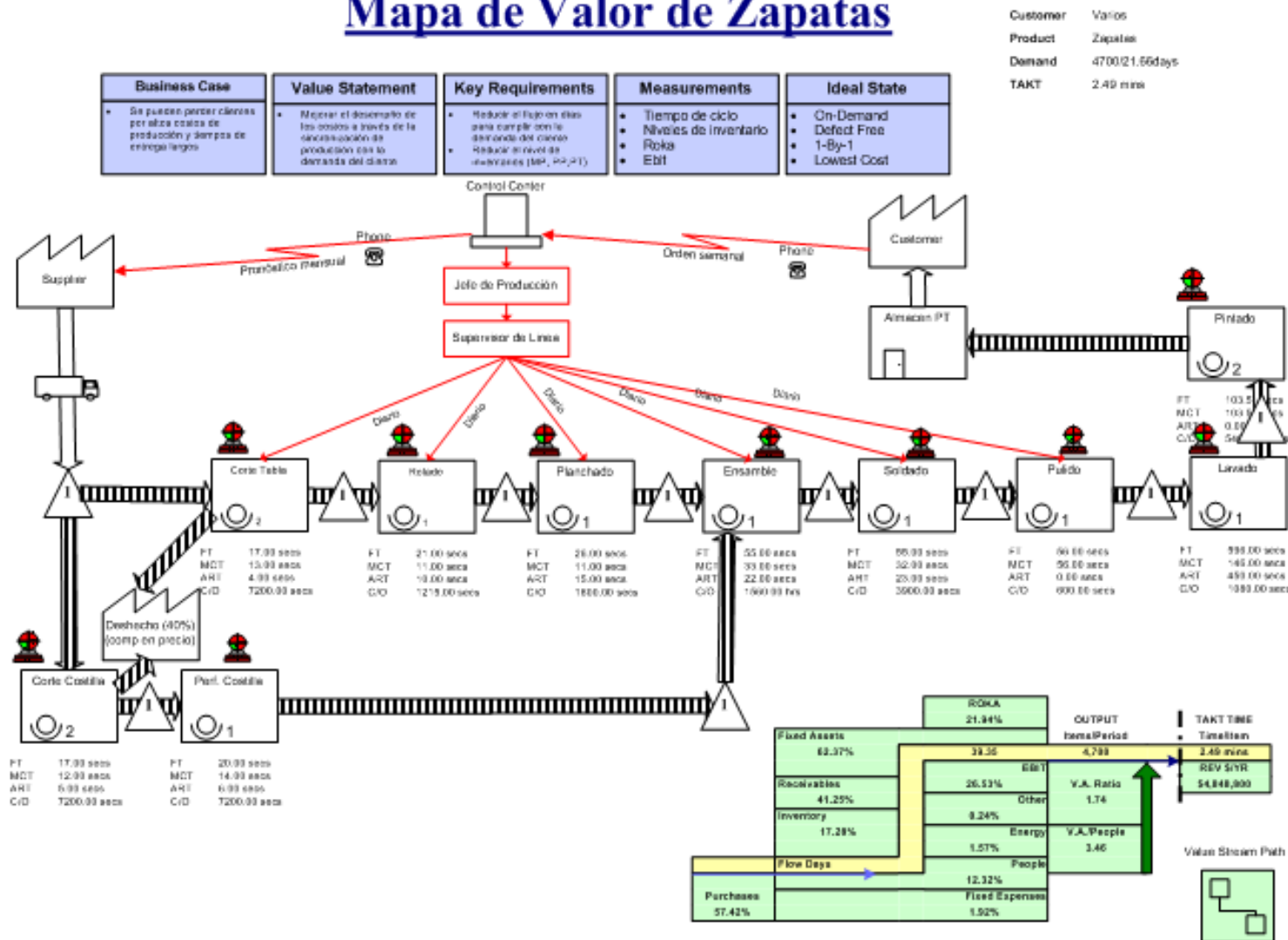
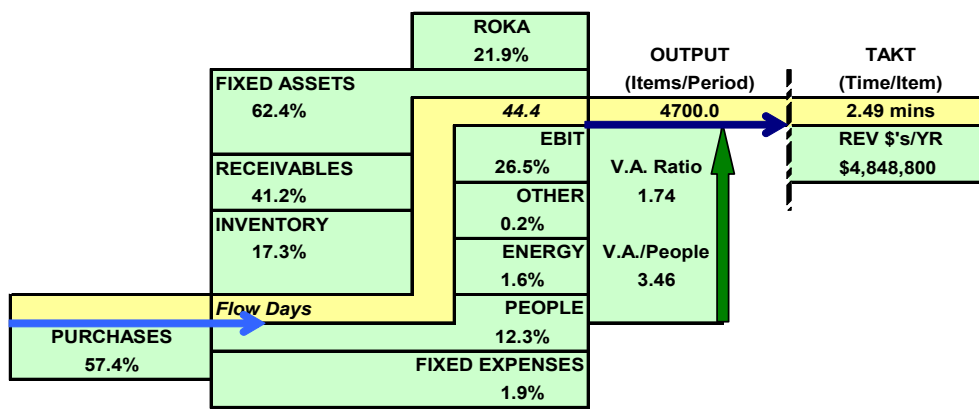


Figura 4-24. Mapa del estado actual completo

A continuación se presentan los resultados que se obtuvieron al hacer el mapa del estado actual en Leanview.

Análisis Financiero

Como resultado del análisis ROKA para el mapa de flujo del estado actual, a continuación se presentan los resultados financieros que se obtuvieron con el software LeanView, al elaborar el Mapa Actual de la familia de Zapatas.



* ROKA Model produced from LeanView Map

Figura 4-25. Análisis ROKA de Leanview

Para poder analizar los resultados financieros, se dividió en dos partes: el análisis a través de los costos y a través de los activos.

- **Análisis de Costos**

Los costos principales que presentó la empresa son los siguientes:

Compras

Artículo	Cantidad	Unidad	Precio	\$/Periodo
Lamina	25607.8	kgs	\$ 9.22	\$ 236,103.92
Alambre p/soldar	3.13	Rollos	\$ 346.80	\$ 1,085.48
Pintura	0.78	Tambor	\$ 4,413.22	\$ 3,442.31
Xilol	0.39	Tambor	\$ 1,548.00	\$ 603.72
Total				\$ 241,235.43

Gastos Fijos

Artículo	\$/Periodo
Renta Local (40375)*(0.2)	\$8,075
Total	\$8,075

Mano de Obra

Artículo	\$/Periodo
Mano de Obra Directa (0.2*88750)	\$17,750
Mano de Obra Tiempo Extra (80000*0.2)	\$16,000
Mano de Obra Indirecta (0.2*90000)	\$18,000
Total	\$51,750

Energía Eléctrica

Artículo	\$/Periodo
Energía (33000)*(0.2)	\$6,600
Total	\$6,600

Otros Gastos

Artículo	\$/Periodo
Insumos	\$1,000
Total	\$ 1,000.00

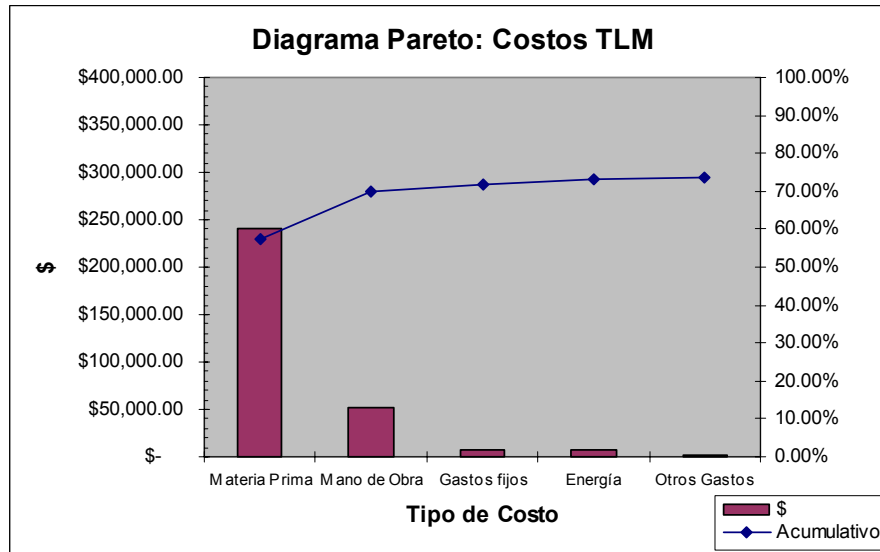
A continuación se presenta el diagrama de Pareto que muestra los costos más representativos de la empresa.

Tipo de Costo	\$	%*	Acumulativo
Materia Prima	\$ 241,235.43	57.42%	57.42%
Mano de Obra	\$51,750	12.32%	69.74%
Gastos fijos	\$8,075	1.92%	71.66%
Energía	\$6,600	1.57%	73.24%
Otros Gastos	\$1,000	0.24%	73.47%
Total de Costos	\$ 308,660.43		73.47%
EBIT	\$ 81,878.09	26.53%	100.00%

Tabla 4-7. Desglose de Costos

Nota:

- La columna 3 representa el costo correspondiente como porcentaje de los ingresos.
- EBIT (Ganancias antes de Impuestos)



Gráfica 4-3. Diagrama Pareto por tipo de Costo

• **Análisis de Activos**

Los activos principales que presenta la empresa son los siguientes:

Activos

Inventarios	\$838,000
Cuentas por Cobrar	\$2,000,000
Activos Fijos	\$3,024,000
Total	\$5,862,000

Inventarios

Inventario		Cantidad	Unidad	Cantidad	Pza
MP Costilla	Corte Costilla	30000	kg		
Corte Costilla	Perforado	6960	kg	4800	costillas
MP Tabla	Corte Tabla	30000	kg		
Corte Tabla	Rolado	6120	kg	2400	tablas
Rolado	Planchado	5100	kg	2000	tablas
Planchado	Ensamble	5100	kg	2000	tablas
Perforado	Ensamble	6960	kg	4800	costillas
Ensamble	Soldado	300	zapatas		
Soldado	Pulido	400	zapatas		
Pulido	Lavado	400	zapatas		
Lavado	Pintado	500	zapatas		
Almacén P.T.		1700	zapatas		

Tabla 4-8. Desglose de Inventarios

Artículo	Cantidad	Unidad	Costo unitario (\$)	\$/Periodo
Inventario en Lámina en bruto	60000	kg	6.5	\$ 390,000.00
Inventario en Lámina procesada	30240	kg	9.22	\$ 278,812.80
Inventario en zapatas	3300	zapatas	51.33	\$ 169,389.00
Total				\$ 838,201.80

Cuentas por Cobrar

Cuentas por Cobrar	Cantidad	Unidad
En USD	50000	USD
En MX	1550000	pesos
Total	\$ 2,000,000.00	pesos

Nota: 1 dl= 10.5 pesos

Activos Fijos

Proceso	Máquina	# Máquina	Costo unitario (USD)	Costo Total	utilización en zapatas	Costo total en zapata
Corte Tabla	Prensa 400 ton	1	100000	\$ 1,050,000.00	0.2	\$ 210,000.00
Corte Costilla	Prensa 350 ton	1	100000	\$ 1,050,000.00	0.2	\$ 210,000.00
Perforado	Prensa 110 ton	1	60000	\$ 630,000.00	0.8	\$ 504,000.00
Rolado	Rolado	1	20000	\$ 210,000.00	1	\$ 210,000.00
Planchado	Planchado	1	20000	\$ 210,000.00	1	\$ 210,000.00
Ensamable	Ensamable	1	35000	\$ 367,500.00	1	\$ 367,500.00
Soldado	Soldado	1	40000	\$ 420,000.00	1	\$ 420,000.00
Pulido	Pulido	1	0	\$ -	1	\$ -
Lavado	Lavado	1	20000	\$ 210,000.00	1	\$ 210,000.00
Pintado	Pintado	1	40000	\$ 420,000.00	1	\$ 420,000.00
Transporte	Montacarga	1	25000	\$ 262,500.00	1	\$ 262,500.00
Total		11	460000	\$ 4,830,000.00		\$ 3,024,000.00

Tabla 4-9. Costo de máquinas utilizadas en la producción de la Familia "Zapata"

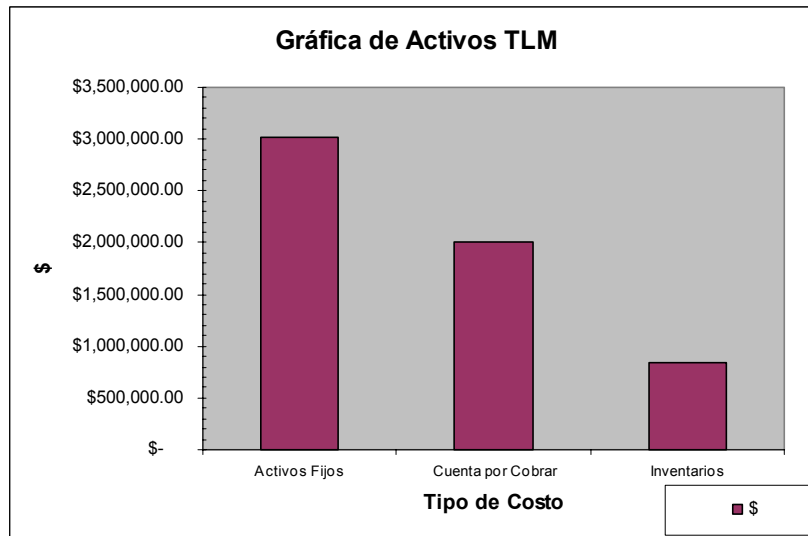
A continuación se presenta la siguiente gráfica, en donde se puede observar qué activo es más representativo para la empresa.

Tipo de Activo	\$	%*
Activos Fijos	\$ 3,024,000.00	62.37%
Cuenta por Cobrar	\$2,000,000	41.25%
Inventarios	\$838,000	17.28%
Total	\$ 5,862,000.00	

Tabla 4-10. Desglose de los tres activos claves

Nota:

- La columna 3 representa el costo correspondiente como porcentaje de los ingresos.



Gráfica 4-4: Activos clave de la compañía

A continuación se presentan los tres indicadores que se estarán analizando y comparando con los resultados del mapa futuro (ver tabla 4-11).

	Indicador	Valor anual
1	Ingreso anual	\$ 4,848,800.00
2	EBIT	26.53%
3	ROKA	21.94%

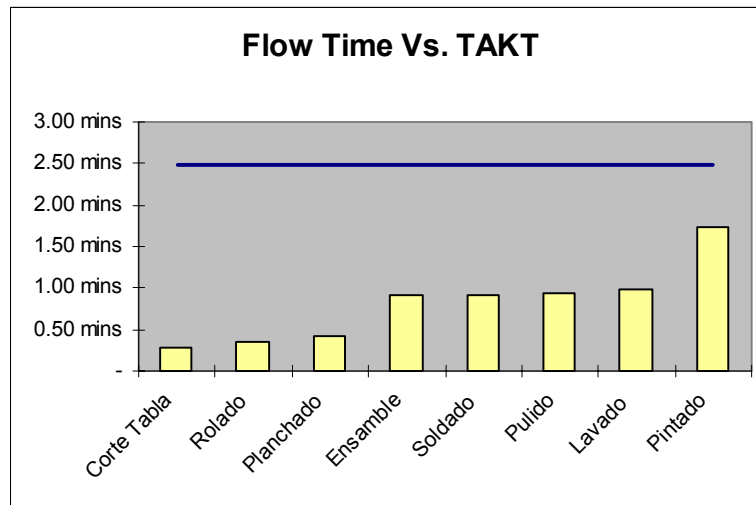
Tabla 4-11. Resultados de los indicadores del análisis ROKA

Análisis Proceso

- Tiempo Takt

Value Stream Path	Flow Time	Takt Time	Takt Ratio
Corte Tabla	0.28 mins	2.49 mins	0.11
Rolado	0.35 mins	2.49 mins	0.14
Planchado	0.43 mins	2.49 mins	0.17
Ensamble	0.92 mins	2.49 mins	0.37
Soldado	0.92 mins	2.49 mins	0.37
Pulido	0.93 mins	2.49 mins	0.38
Lavado	0.99 mins	2.49 mins	0.40
Pintado	1.73 mins	2.49 mins	0.69
Total	6.55 mins	19.91 mins	0.33

Tabla 4-12. Tiempo Takt para cada operación



Gráfica 4-5. Tiempo de Flujo VS Tiempo Takt estado actual

Los procesos con tiempo de flujo menor son los primeros tres, sin embargo, la máquina de corte de tabla se comparte con otras familias de productos y las otras dos operaciones no. Por lo tanto se recomienda que de acuerdo a las características de los procesos, se podrían unir los procesos de: rolado, planchado, ensamble y soldado en una celda de manufactura.

- Resultados de métricas ordenadas de mayor a menor tiempo

Process	Flow Time	Process	MCT	Process	ART	Process	Change Over Time	Process	Yield
Lavado	0.17 hrs	Lavado	0.04 hrs	Lavado	0.13 hrs	Corte Tabla	2.00 hrs	Soldado	95.00%
Pintado	0.03 hrs	Pintado	0.03 hrs	Soldado	0.01 hrs	Pintado	1.50 hrs	Rolado	99.20%
Pulido	0.02 hrs	Pulido	0.02 hrs	Ensamble	0.01 hrs	Soldado	1.08 hrs	Planchado	99.83%
Ensamble	0.02 hrs	Ensamble	0.01 hrs	Planchado	0.00 hrs	Planchado	0.50 hrs	Corte Tabla	99.88%
Soldado	0.02 hrs	Soldado	0.01 hrs	Rolado	0.00 hrs	Ensamble	0.43 hrs	Ensamble	100%
Planchado	0.01 hrs	Corte Tabla	0.00 hrs	Corte Tabla	0.00 hrs	Rolado	0.34 hrs	Pulido	100%
Rolado	0.01 hrs	Rolado	0.00 hrs	Pulido	-	Lavado	0.30 hrs	Lavado	100%
Corte Tabla	0.00 hrs	Planchado	0.00 hrs	Pintado	-	Pulido	0.17 hrs	Pintado	100%

Tabla 4-13. Resultado de métricas estado actual

De acuerdo a los resultados mostrados en la tabla 4-13, se puede observar que el proceso con tiempo de flujo mayor y con tiempo manual y automático más alto es el de lavado. En cuanto al tiempo de setup, el proceso más alto resultó ser el de

corte de tabla y el proceso con el porcentaje más pequeño de productos que salen buenos a la primera es el de soldado con un 95%.

En el anexo 5 se puede ver un resumen de los resultados que arroja el software Leanview.

PASO 8: DISEÑO DEL ESTADO FUTURO

Una vez que se tiene el mapa del estado actual, es más sencillo visualizar en dónde se encuentran los desperdicios y con el análisis de “Retorno sobre los Activos Clave” estimar los beneficios potenciales de eliminarlos.

A continuación se presentan los resultados obtenidos y observados del mapa del estado actual de la compañía.

1) Detección de áreas de oportunidad

Para esta etapa se usaron las tablas 4-14 y 4-15 como herramientas para definir las acciones de mejora de acuerdo a las áreas de oportunidad encontradas en el mapa del estado actual. A continuación se presentan las tablas de costos y de activos ya completadas.

2) Elaboración del mapa de flujo del estado futuro

Antes de hacer el mapa de flujo del estado futuro en limpio, se hicieron varios borradores hasta generar el mapa de acuerdo a las acciones de mejora obtenidas en las tablas 4-14 y 4-15. El mapa del estado futuro se hizo con el software Leanview (ver figura 4-26).

Factores clave sobre ROKA (Costos)		Métricas para detectar desperdicios	Acciones de mejora	Beneficio duro anual	Beneficio potencialmente duro y/o intangible
COSTO	Materia prima Costo anual \$2,783,211.20 % sobre ingr. 57.4%	% Aprov. Mat. prima 60% Acero Obs: Demasiado Baja	Observaciones: <ul style="list-style-type: none"> • Aprovechamiento de acero demasiado bajo. Acciones de mejora: <ul style="list-style-type: none"> • Mejor acomodo de partes en MP • Reutilización de desperdicio. • Reciclado de desperdicio. Objetivo p/estado futuro <ul style="list-style-type: none"> • Aprovechamiento 80% 	Ideal \$1,669,926.72 Estimado (estado fuuro) 834,963.36	
		% Partes buenas Corte1 : 99% Corte 2 : 99% Perforado: 100% Rolado: 99% Planchado: 99% Ensamble: 100% Soldado: 95% Pulido: 100% Lavado: 100% Pintado: 99% TOTAL: 90.34%	Observaciones: <ul style="list-style-type: none"> • Soldado concentra la mitad de las partes defectuosas Acciones de mejora: <ul style="list-style-type: none"> • Analizar causas de falla en soldado y diseñar mecanismos Poka-Yoke e inspección secuencial para reducir defectos. Objetivo p/estado futuro: <ul style="list-style-type: none"> • %Ptes Buenas 100% en soldado 	Ideal \$278,321.12 Estimado (estado futuro) \$139,160	

	<p>Mano de obra</p> <p>Directa reg. \$213,000</p> <p>Directa extra \$192,000</p>	<p>% VAT (value added time)</p> <p>Corte1 : 24%</p> <p>Corte 2 : 29%</p> <p>Perforado: 29%</p> <p>Rolado: 48%</p> <p>Planchado: 58%</p> <p>Ensamble: 40%</p> <p>Soldado: 42%</p> <p>Pulido: 68%</p> <p>Lavado: 75%</p> <p>Pintado: 53%</p> <p>Promedio: 46.6%</p> <p>TOTAL: 5%</p>	<p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • En promedio se desperdicia 54% en cada operación. Viendo %de tiempo primo de 82.4% vemos desperdicios: <ul style="list-style-type: none"> ○ 18% fallas y setups ○ 36% cargas y descargas • %VAT para la cadena es 5% esto implica 89% desp en transporte y almacenamiento. <p>Acciones de mejora:</p> <ul style="list-style-type: none"> • DIAGRAMA DE FLECHAS + REDISEÑO DE LAYOUT +CELDAS EN U (Rolado-Planch-Ens-Soldao) (minimiza Transp, alm y manejo) • ANALISIS DE OPERACION + ESTANDARIZACION +5 S's (minimiza desp por proceso) <p>Objetivo p/estado futuro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • %VAT total 15 (reduce CT a tercera parte) • %VAT por proceso al menos 50% 	<p>Ideal \$262,860</p> <p>Estimado: \$192,000 (eliminar extra)</p>	<p>Reducción de CT</p> <p>Actual : 354hrs 7.8 semanas</p> <p>Ideal: 17.7 hrs 2 dias</p> <p>Estimado: 2.6 semanas</p>
--	--	---	---	--	--

	<p>%Tiempo Autom. Corte1 : 25%</p> <p>Corte 2 : 29%</p> <p>Perforado: 30%</p> <p>Rolado: 50%</p> <p>Planchado: 58%</p> <p>Ensamble: 40%</p> <p>Soldado: 42%</p> <p>Pulido: 0%</p> <p>Lavado: 76%</p> <p>Pintado: 0%</p> <p>Promedio 35%</p> <p>Nota: Aunque es autom, operador permanece</p>	<p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La mayoría de los procesos ya tienen parte del ciclo automático pero el operador no se despega de la máquina. <p>Acciones de mejora:</p> <ul style="list-style-type: none"> • JIDOKA (aumentar) + CELDAS DE MANUF. <p>Conjuntar celda en U los siguientes procesos: Rolado, Planchado, Ensamble, Soldado</p> <p>En lugar de 5 operadores podrían reducirse a 2.</p> <p>Objetivo p/estado futuro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • %Tiempo autom >= 66% en procesos de celda en U. 	Ya se estimo arriba	
	<p>%Tiempo primo (c/p)</p> <p>Corte1 : 81%</p> <p>Corte 2 : 65%</p> <p>Perforado: 72%</p> <p>Rolado: 90%</p> <p>Planchado: 88%</p> <p>Ensamble: 81%</p> <p>Soldado: 73%</p> <p>Pulido: 88%</p> <p>Lavado: 99%</p> <p>Pintado: 87%</p> <p>Promedio 82.4%</p>	<p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se pierde el 18.4 % en setups y fallas. Del % de uptime se desprende que desperdiciamos 3% en fallas y 15.4% en setups. <p>Las acciones correctivas se indican a en los siguientes recuadros.</p>	Se indica en los siguientes recuadros	

	<p>%Uptime (c/p) Corte1 : 96 % Corte 2 : 96% Perforado: 93% Rolado: 99% Planchado: 98% Ensamble: 99% Soldado: 99% Pulido: 99% Lavado: 99% Pintado: 96% Promedio 97%</p>	<p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los problemas principales están en perforado, pintado, corte1 y corte2. <p>Acciones de mejora:</p> <ul style="list-style-type: none"> • TPM al menos en los procesos indicados. <p>Objetivo p/estado futuro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • %Uptime >= 97% en todos los procesos 	Despreciable	Permite que celda e U trabaje bien sin necesidad de buffer intermedios.
	<p>(Tsetup, #pz/sp) (seg) Corte1 :7200,2500 Corte 2 : 7200,1500 Perforado: 7200,1700 Rolado: 1214,1500 Planchado: 1800,1200 Ensamble: 1560,1150 Soldado: 3900,800 Pulido: 600,300 Lavado: 1080,350 Pintado: 5400,550</p>	<p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tiempos de setup excesivos que propician lotes muy grandes. <p>Acciones de mejora:</p> <ul style="list-style-type: none"> • SMED. <p>Objetivo p/estado futuro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para una primera etapa, ningún setup mayor a media hora (1800 seg) 		<p>Permite reducir tamaños de lote a la cuarta parte y reducir tiempo de ciclo de la misma forma.</p> <p>Puede ayudar a mejorar ventas.</p>

Tabla 4-14. Herramienta de factores claves de ROKA (costos)

Factores clave sobre ROKA (Activos)	Métricas para detectar desperdicios	Acciones posibles de mejora	Beneficios Duros	Beneficios potencialmente duros e intangibles
-------------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------	------------------	---

ACTIVO	Activos Fijos	<p>% Utilización</p> <p>Corte1 : 58 % Corte 2 : 30% Perforado: 30 % Rolado: 14% Planchado: 18 % Ensamble: 37% Soldado: 37% Pulido: 38% Lavado: 41% Pintado: 71 % Promedio 37.4%</p> <p>Utiliz. Cuello Botella: 71%</p>	<p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilización de cuello de botella de 71% implica que no se está aprovechando la capacidad actual. La demanda es baja. • La utilización del cuello de botella es 22% más alta que su inmediato seguidor. Mejorándola se mejora la capacidad de toda la línea (el nuevo cuello de botella sería corte1) <p>Acciones de mejora:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ANALISIS DE OPERACIÓN EN CUELLO DE BOTELLA (permite aumentar capacidad total en 22%) <ul style="list-style-type: none"> ○ El análisis de operación puede incluir (tiempo inspección, ajustes, uptime, setups). Reduciendo estos tiempos ayuda a aumentar el 22% de capacidad. • AUMENTAR DEMANDA (para cubrir capacidad sobrante actual más la que resultaría de mejorar cuello de botella) • SISTEMA PULL (para cubrir capacidad sobrante actual más la que resultaría de mejorar cuello de botella) <p>Objetivo p/estado futuro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Demanda 60% más alta • Todas las utilizaciones subirían un 60%. El nuevo cuello de botella sería corte1. Asumimos que pintado quedaría igual que corte1. 	<p>Si se lograra el aumento de demanda (y de capacidad mencionada)</p> <p>Los beneficios serían:</p> <p>Ingresos suben 4,848,800 a 7,758,079</p> <p>EBIT sube de 26.53% a 32.55%</p> <p>ROKA sube de 21.94 a 43.07%</p>

		<p>%Uptime (c/p) Corte1 : 96 % Corte 2 : 96% Perforado: 93% Rolado: 99% Planchado: 98% Ensamble: 99% Soldado: 99% Pulido: 99% Lavado: 99% Pintado: 96% Promedio 97%</p>	<p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los problemas principales están en perforado, pintado, corte1 y corte2. <p>Acciones de mejora:</p> <ul style="list-style-type: none"> • TPM al menos en los procesos indicados. <p>Objetivo p/estado futuro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • %Uptime\geq 97% en todos los procesos 		
	Inventarios	<p>Dias laborales de Inventario</p> <ul style="list-style-type: none"> • 13 dias de Mat.Pr. • 12 dias de WIP • 12 dias de PT. • Total: 37 dias (1.8 meses) 	<p>Acciones de mejora:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilizar modelos de administración de inventarios para determinar cantidades adecuadas de inventario de MP t PT • Celdas en U+SMED+Sistema Tipo Pull para mejorar el WIP <p>Objetivo p/estado futuro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reducir el inventario a la tercera parte. 		<p>Si se lograra que el inventario disminuya en una tercera parte Los beneficios serían:</p> <p>ROKA sube de 21.94 a 23.06%</p>

Tabla 4-15. Herramienta de factores claves de ROKA (costos)

Mapa de Valor de Zapatas

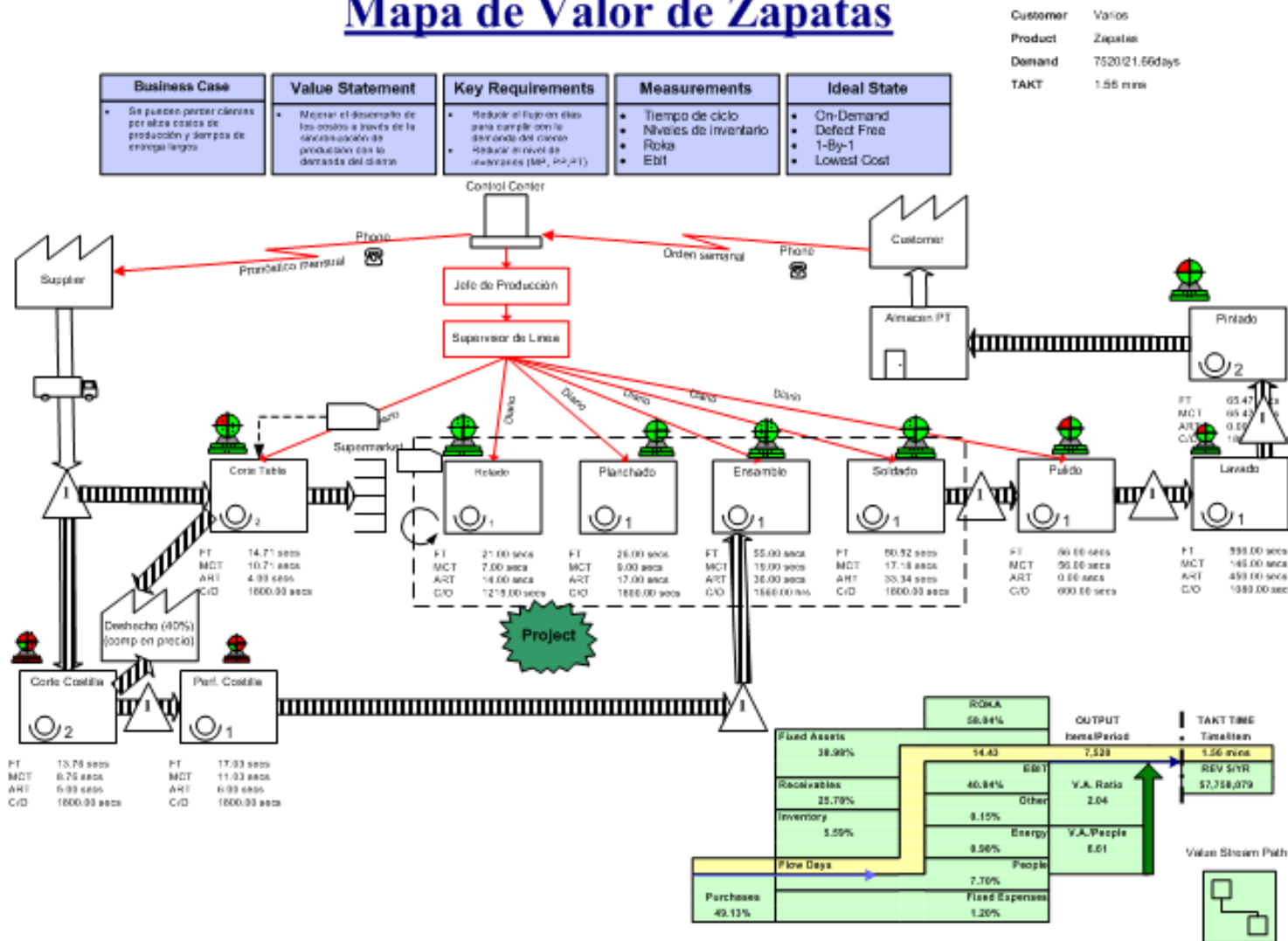


Figura 4-26. Mapa de flujo del estado futuro de la compañía

3) Conclusión del mapa de flujo del estado futuro

En esta etapa se presentan los resultados de mejora que se obtuvieron con la implantación de las acciones sugeridas en la etapa de detección de áreas de oportunidad (ver tabla 4-16).

	Objetivo
1	Aprovechamiento 80%
2	%VAT por proceso al menos 50% c/u
3	%Ptes Buenas 100% en soldado
4	%Tiempo autom >= 66%
5	%Uptime >= 97% en todos los procesos
6	Setup <= 1800 seg
7	Demanda 60% más alta
8	Utilización pintado 58% (todas suben un 60%)
9	Reducción inventario 33%

Tabla 4-16. Objetivos de mejora

A continuación se presentan los resultados que se obtuvieron al hacer el mapa del estado futuro en Leanview y las mejoras encontradas.

Análisis Financiero

Como resultado del análisis ROKA para el mapa de flujo del estado futuro, a continuación se presentan los resultados financieros que se obtuvieron con el software Leanview, al elaborar el Mapa Futuro de la familia de Zapatas.

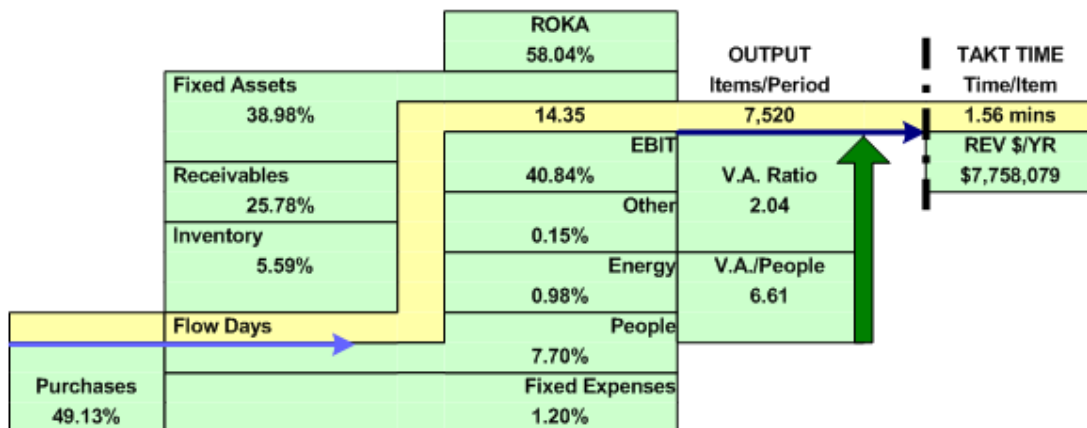


Figura 4-27. Análisis ROKA de Leanview

A continuación se presentan las mejoras encontradas en los costos y activos del análisis ROKA:

	Costos	% sobre ingreso anual	
		Mapa Actual	Mapa Futuro
1	Materia Prima	57.42%	49.13%
2	Costo Fijo	1.92%	1.20%
3	Costo Mano de Obra	12.32%	7.70%
4	Energía	1.57%	0.98%
5	Otros	0.24%	0.15%

Tabla 4-17. Resultados de los costos del análisis ROKA

	Activos	% sobre ingreso anual	
		Mapa Actual	Mapa Futuro
1	Fijo	62.37%	38.98%
2	Cuentas por cobrar	41.25%	25.78%
3	Inventarios	17.28%	5.59%

Tabla 4-18. Resultados de los activos del análisis ROKA

A continuación se presentan los tres indicadores financieros principales (ver tabla 4-9).

	Indicador	Mapa Actual	Mapa Futuro
1	Ingreso anual	\$ 4,848,800.00	\$7,758,079
2	EBIT	26.53%	40.84%
3	ROKA	21.94%	58.04%

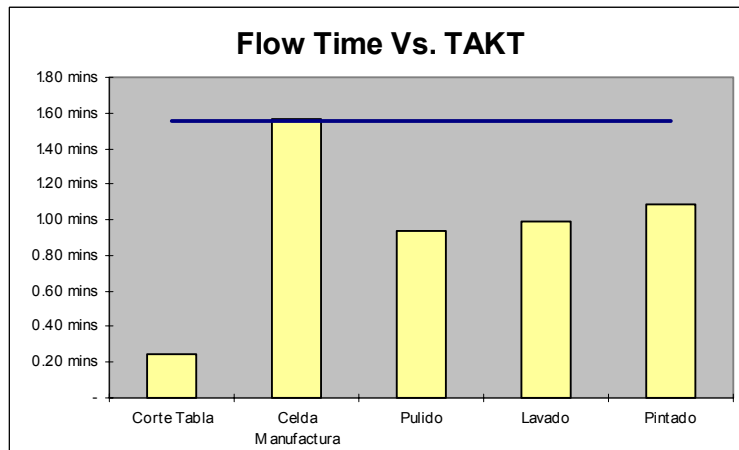
Tabla 4-19. Resultados de los indicadores del análisis ROKA

Análisis Proceso

- Tiempo Takt

Value Stream Path	Flow Time	Takt Time	Takt Ratio
Corte Tabla	0.25 mins	1.56 mins	0.16
Celda Manufactura	1.56 mins	1.56 mins	1.01
Pulido	0.93 mins	1.56 mins	0.60
Lavado	0.99 mins	1.56 mins	0.64
Pintado	1.09 mins	1.56 mins	0.70
Total	4.83 mins	7.78 mins	0.62

Tabla 4-20. Tiempo Takt para cada operación



Gráfica 4-6. Tiempo de Flujo vs Tiempo Takt estado futuro

Con las acciones de mejora aplicadas en el mapa del estado futuro el takt time disminuyó de 2.49min a 1.56 min. Y la celda de manufactura es la que tiene el tiempo igual al takt time y dentro de la celda se encuentran las operaciones de: rolado, planchado, ensamble y soldado.

- Resultados de métricas ordenadas de mayor a menor tiempo

Process	Flow Time	Process	MCT	Process	ART	Process	Change Over Time	Process	Yield
Lavado	0.17 hrs	Lavado	0.04 hrs	Lavado	0.13 hrs	Corte Tabla	0.50 hrs	Pintado	99.00%
Pintado	0.02 hrs	Pintado	0.02 hrs	Ensamble	0.01 hrs	Pintado	0.50 hrs	Rolado	99.20%
Pulido	0.02 hrs	Pulido	0.02 hrs	Soldado	0.01 hrs	Rolado	0.34 hrs	Planchado	99.83%
Ensamble	0.01 hrs	Corte Tabla	0.00 hrs	Planchado	0.00 hrs	Planchado	0.34 hrs	Corte Tabla	99.88%
Soldado	0.01 hrs	Soldado	0.00 hrs	Rolado	0.00 hrs	Ensamble	0.34 hrs	Ensamble	100%
Planchado	0.01 hrs	Planchado	0.00 hrs	Corte Tabla	0.00 hrs	Soldado	0.34 hrs	Soldado	100%
Rolado	0.01 hrs	Rolado	0.00 hrs	Pulido	-	Lavado	0.30 hrs	Pulido	100%
Corte Tabla	0.00 hrs	Ensamble	0.00 hrs	Pintado	-	Pulido	0.17 hrs	Lavado	100%

Tabla 4-21. Resultado de métricas estado futuro

De acuerdo a los resultados mostrados en la tabla 4-21, se puede observar que el proceso con tiempo de flujo mayor y con tiempo manual y automático más alto es el de lavado. En cuanto al tiempo de setup, los procesos más altos resultaron ser el de corte de tabla, pintado y rolado. El proceso con el porcentaje más pequeño de productos que salen buenos a la primera es el de pintado con un 99%.

En la tabla 4-21 los procesos que están iluminados son los que formaron parte de la celda de manufactura.

Al crear la celda de manufactura, se obtuvieron las siguientes mejoras:

	Indicador	Mapa Actual	Mapa Futuro
1	Número de estaciones	5	1
2	Número de operadores	4	2
3	Tiempo de ciclo	2.62 min	1.56 min
4	WIP	8.24 días	2.14 días

Tabla 4-22. Resultado de una celda de manufactura

De acuerdo a las métricas estándar de la cadena de valor, se obtuvieron las siguientes mejoras:

	Indicador	Mapa Actual	Mapa Futuro
1	Tiempo de Flujo	39.33 días	14.35 días
2	% VAT	5%	12%
3	Días de inventario	160.74 días	61.88 días

Tabla 4-23. Resultado de métricas estándar de la cadena de valor

En el anexo 6 se puede ver un resumen de los resultados que arroja el software Leanview del mapa del estado futuro.

4.3 Fase de Implementación

PASO 9: PLAN DE ACCIÓN

Una vez que ya se ha elaborado el mapa de flujo del estado futuro, el siguiente paso para la implementación es definir el plan de acción. Para el caso práctico solo se llevaron a cabo las primeras dos fases: preparación y análisis. Sin embargo, a continuación se presenta un ejemplo de cómo quedaría el Plan de Acción.

- Plan Kaizen mensual (ver tabla 4-24). Los eventos Kaizen están ordenados por prioridad.

#	Evento específico	Etapa	Calendario de seis meses					
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
1	Aprovechamiento 80%	Flujo	■					
2	%VAT por proceso al menos 50% c/u	Flujo		■				
3	Demanda 60% más alta	Demanda		■				
4	%Ptes Buenas 100% en soldado	Flujo			■			
5	%Tiempo autom >= 66%	Flujo				■		
6	%Uptime >= 97% en todos los procesos	Nivelación				■		
7	Setup <= 1800 seg	Flujo					■	
8	Utilización pintado 58% (todas suben un 60%)	Flujo						■
9	Reducción inventario 33%	Nivelación						■
10								
11								
12								
13								

Tabla 4-24. Plan Kaizen mensual

- Plan de actividades para el evento kaizen: aprovechamiento del 80% de la materia prima.

Cadena de Valor: "Familia Zapata"		Miembros del Equipo de la Cadena de Valor: 1. Laura Rodríguez 2. Rosalba Sánchez					
#	Actividad	Responsable	Enero	Febrero	Marzo	Abril	
1	Comprar el rollo con las medidas que producen menor desperdicio	LR	■				
2	Mejor acomodo de tablas y costillas en láminas	RS	■				
3	Colocar topes en prensas de corte de costilla	RS		■			
4	Reutilizar la lámina desechada	LR		■			
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							

Tabla 4-25. Actividades para el evento Kaizen "Aprovechamiento de Materia Prima"

PASO 10: BUSCAR LA PERFECCIÓN

Una vez que el estado futuro se convierte en realidad, se transforma a un estado actual, y se vuelve a empezar el ciclo de implementación. Esto es debido a que el proceso es una mejora continua y se busca encontrar un balance óptimo entre lo que agrega valor y lo que no agrega valor.

4.4 Conclusión del Caso Práctico

El llevar a cabo la metodología propuesta de implantación del Sistema de Manufactura Esbelta en un caso práctico, dio como resultado el generar una metodología más enriquecida y además más útil con respecto a las necesidades que surgen al implementar éste sistema.

No solo se pudieron identificar las carencias y ventajas de cada una de las metodologías de implantación ya existentes, sino que además se pudo corroborar que existen todavía metodologías carentes de análisis financiero y sin modelos operativos que ayuden a calcular de manera sistemática las métricas a utilizar para el análisis de la cadena de valor.

Por lo que, el caso práctico no solo validó la aplicación de la metodología integral de implantación, sino que además ayudó a mejorarla y a aterrizarla.

CAPÍTULO V. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

Conforme le da uno seguimiento a la historia de cómo surgió el Sistema de Manufactura Esbelta, se puede observar que aun es un sistema que todavía le falta madurar en cuestión de metodologías de implantación. Y aunque ya existen varias, la mayoría de ellas carece de un plan global, de un análisis financiero y de modelos operacionales que ayuden a calcular las métricas de manera sistemática.

De acuerdo a lo que ya existe, se localizaron tres metodologías de implantación que se complementan. Sin embargo, aunque las desventajas de una metodología son ventajas de otra, se siguen encontrando huecos que son los que se fueron descubriendo al ir diseñando la metodología y al ir aplicando en el caso práctico.

Conforme se fue diseñando la metodología de implantación, se fueron descubriendo las ventajas de cada una de las ya existentes y se tomó provecho de cada una de ellas. De la metodología de “Administración de la Cadena de Valor”, se tomó como base su plan global de implementación. Esta metodología cuenta con un conjunto de pasos que abarca desde la parte del conocimiento esbelta y la capacitación, hasta la implementación de la Manufactura Esbelta a través de eventos Kaizen. De las herramientas que propone Hoop y Spearman en su libro Física de la Fábrica (Factory Physics), se utilizaron algunas fórmulas para calcular las métricas “esbeltas” como la disponibilidad y utilización de las máquinas, el tiempo efectivo del proceso, etc.

Otra herramienta que se ha considerado de gran utilidad para la implantación de Manufactura Esbelta, es la del mapeo de la cadena de valor. Se reconoce que es una herramienta visual que ayuda a identificar de manera más clara los desperdicios que se encuentran en la cadena de valor. El software Leanview es

un sistema que además de que ayuda a agilizar la elaboración del mapa, ofrece el análisis financiero que no se encontró en ninguna de las otras metodologías.

Una vez que se identificaron las ventajas de cada una de las metodologías existentes, se diseñó una metodología integral con las siguientes características:

- La metodología propuesta incluye el proceso de implantación completo desde las etapas preliminares hasta su implementación.
- Incorpora un modelado financiero del proceso. En el caso práctico esto fue de gran relevancia ya que nos permitió identificar y priorizar las áreas de oportunidad más significativas desde el punto de vista financiero. También nos permitió tener un estimado más claro de los beneficios esperados.
- Propone un conjunto de métricas de propósito general que permiten identificar fácilmente los desperdicios más usuales y da flexibilidad para incorporar otras métricas particulares al tipo de empresa.
- Las métricas son especificadas en su mayoría en forma de porcentajes de esbeltez donde 100% es siempre el estado ideal. Esto permite identificar el potencial de mejora.
- La propuesta de acciones de mejora se facilita a través de una tabla que integra y relaciona cada costo o activo con las métricas claves para identificar desperdicios y las herramientas o acciones esbeltas adecuadas para la mejora.

Después de generar la metodología, se tomó la decisión de validarlo a través de un caso práctico. Durante éste proceso se pudo observar, que la mejor manera de comprobar que sea funcional y práctica una metodología es a través de su aplicación.

Por lo que, de la aplicación de la metodología desarrollada al caso práctico nos permitió una primera validación de ésta, a través del diagnóstico. Obviamente una validación más completa requeriría la aplicación repetida a muchos casos

prácticos, sin embargo, creemos que de este ejercicio ya se desprenden varias conclusiones. Por lo tanto, aplicaciones posteriores a la metodología abre posibilidades de mejorarla.

A continuación se presentan recomendaciones para investigaciones futuras.

5.2 Recomendaciones para Investigaciones Futuras

A continuación se presentan algunas líneas de investigación futura que podrían servir de continuidad o de mejora para la metodología propuesta en esta investigación.

- Debido a que por el tiempo que se tuvo para la elaboración de ésta investigación solo se pudo aplicar esta metodología a un caso práctico, se recomienda que se aplique a un mayor número de empresas para poder validarla y mejorarla.
- Con la elaboración y utilización de la herramienta de métricas ROKA se descubrió que es importante tener todas las métricas en porcentaje, debido a que es más fácil medir los desperdicios a través de porcentaje. Por lo que un área de oportunidad descubierta y que puede ser como parte de la extensión y mejora de la metodología es el convertir las métricas propuestas que no están en porcentaje de esbeltez a este.
- Revisar y complementar la base de datos de propósito general.
- Desarrollar un taller de implantación de Manufactura Esbelta que permita que las PYMES puedan realizar transformaciones “esbeltas” sin desembolsos significativos en asesores.

Anexo 1. Lista de las principales funciones Justo a Tiempo

1. Revolución de las mentalidades	
FASE	Casi cada persona de la fábrica piensa que estamos aún en la era de la producción en grandes lotes y que el modo actual de hacer las cosas es todo lo bueno que puede ser.
FASE	Para casi todos en la fábrica, es un concepto extraño que el cliente es lo primero. Por el contrario, el énfasis es facilitar la producción.
FASE	Como mínimo algunas personas tienen una comprensión intelectual de que es necesario considerar primero al cliente. Sin embargo, este nuevo concepto no se refleja en la fábrica, que continúa con los viejos modos.
FASE	Casi todos saben lo importante que es colocar primero al cliente, y la fábrica misma gradualmente refleja esto.
FASE	El concepto "el cliente primero" ha penetrado hasta la última esquina de la fábrica. Cada vez que ocurre un problema o anomalía, las personas trabajan juntas para hacer una mejora correctiva.

2. Las 5 S	
FASE	Todo en la fábrica está por todas partes en montones desorganizados. De hecho, incluso las personas que emplean habitualmente ciertas cosas a menudo no tienen idea de dónde están dichas cosas o cuántas hay en stock.
FASE	Aparentemente hay confusión, pero, de algún modo, las personas que usan las cosas usualmente saben dónde encontrarlas.
FASE	Líneas blancas marcan las rutas y áreas de trabajo; y útiles, stocks en proceso y máquinas parecen estar colocados en alguna clase de orden lógico.
FASE	Herramientas, stocks en proceso, y máquinas están marcados con indicadores de localización, y suelos y máquinas se mantienen limpios. El observador casual creería que todo está limpio y bien organizado.
FASE	Las cosas están marcadas de forma que cada uno puede decir en dónde se colocan y en qué cantidades, todo se mantiene limpio, y se han desarrollado mecanismos para evitar que las cosas se ensucien.

3. Producción en flujo	
FASE	El equipo está instalado estilo "job shop", grandes lotes se acumulan cerca de varias máquinas y operarios, y cada proceso se mueve a su propio ritmo.
FASE	Los operarios están intentando producir en pequeños lotes, pero como el "layout" del equipo está aún estilo "job shop", la producción descansa pesadamente en el sistema de transporte.
FASE	El equipo se ha rearmado para "layout" en línea, pero el flujo de producción está limitado al método de pequeños lotes en proceso singular.
FASE	La producción se ha transformado al flujo pieza a pieza movida a mano, operaciones en proceso singular, y "layout" del equipo en línea.
FASE	Los operarios permanecen de pie mientras trabajan y realizan operaciones multi-proceso basadas en producción en flujo de una pieza.

4. Operaciones multiproceso	
1 FASE	Los trabajadores no quieren cambiar. Insisten en que son capaces solamente para hacer el trabajo que hacen actualmente.
2 FASE	Los operarios están realizando "operaciones caravana", pero los operarios que están en procesos adyacentes se ayudan entre sí ocasionalmente para ayudar a mejorar el flujo de artículos.
3 FASE	Los procesos están alineados para facilitar el flujo de artículos, y los operarios adyacentes se ayudan regularmente.
4 FASE	Todos los operarios están de pie mientras trabajan. Cada operario es capaz de manejar aproximadamente la mitad de los procesos de la célula.
5 FASE	Los procesos están alineados para facilitar el flujo de artículos. Cada operario es capaz de manejar todos los procesos de la célula.

5. Reducción de costes de tareas de personal	
1 FASE	Los operarios no se mueven eficientemente y hay claramente en la fábrica más trabajadores de los necesarios.
2 FASE	El excedente de personal no es tan evidente. Cada uno en la línea de producción hace siempre la misma tarea, y el balance de las operaciones es pobre.
3 FASE	Los deberes de trabajo difieren solamente de producto a producto y el balance de las operaciones es básicamente OK.
4 FASE	Los deberes de trabajo son adaptable a los cambios requeridos en el output.
5 FASE	Los operarios están flexiblemente entrenados y pueden trabajar en cualquier punto de la línea. El número de trabajadores se mantiene en el mínimo necesario para producir el output requerido.

6. Kanban	
1 FASE	Las piezas de trabajo se empujan aguas abajo y los procesos de trabajo no están arreglados en orden aparente.
2 FASE	La producción "push" aún prevalece, pero las cosas están generalmente organizadas en áreas de almacenaje temporal especificadas.
3 FASE	Las cosas se mantienen en lugares y cantidades específicos, y se están encontrando modos de cambiar desde la producción "push" a la producción "pull".
4 FASE	Los procesos aguas abajo están retirando con <i>kanban</i> de los procesos aguas arriba.
5 FASE	La utilización del <i>kanban</i> para articular la producción se combina con actividades de mejora continuas.

7. Control visual	
FASE 1	Nadie puede decir cuando ha ocurrido una anomalía, de forma que la línea de producción se mantiene en marcha.
FASE 2	Nadie puede decir cuando ocurre una anomalía, pero eventualmente se descubren y corrigen.
FASE 3	El personal directamente implicado puede decir cuando las cosas son normales y cuando son anormales, y responden (más pronto o más tarde) a las anomalías.
FASE 4	Cada uno puede decir cuando las cosas son normales y cuando anormales, y responden (más pronto o más tarde) a las anomalías.
FASE 5	Cada uno puede decir cuando las cosas son normales y cuando son anormales, y responden directamente a las anomalías en grupo.

8. Producción nivelada	
FASE 1	Cada modelo de producto se hace en una sola serie cada mes, y cada proceso se mueve a su propio ritmo.
FASE 2	Cada modelo de producto se fabrica en dos tandas por mes, y cada proceso se mueve a su propio ritmo.
FASE 3	Cada modelo de producto se fabrica en cuatro tandas (series) por mes (una por semana), y se ha logrado alguna sincronización entre procesos.
FASE 4	Los programas mensuales de producción se dividen en tandas diarias de producción, y se ha establecido la producción en línea con tiempos de ciclo específicos.
FASE 5	Se ha establecido una producción plenamente nivelada, y el tiempo de ciclo fija el ritmo de la fábrica entera.

9. Cambio de útiles	
FASE 1	Solamente una o dos preparaciones de máquinas para un producto, cualesquiera sean las necesidades de los clientes. Los tiempos de cambio de útiles pueden llegar a ser tan largos como medio día.
FASE 2	El personal es consciente de la necesidad de orientar los cambios de útiles para servir las necesidades de los clientes.
FASE 3	Se han formado equipos de cambio de útiles para mejorar la preparación externa, etc.
FASE 4	Se han acortado significativamente los tiempos de cambios de útiles.
FASE 5	Ninguna operación de cambio de útiles toma más de tres minutos y todas se hacen dentro del tiempo de ciclo.

10. Seguridad de la calidad

- 1 FASE** Se expiden grandes cantidades de productos defectuosos, y hay numerosas reclamaciones de clientes.
- 2 FASE** Se producen defectos, pero un estricto proceso de inspección final mantiene bajas las reclamaciones de clientes.
- 3 FASE** Se han formado equipos de mejora y usan los datos de inspección para responder a los defectos.
- 4 FASE** Los defectos se detectan antes de que pasen al proceso siguiente por los operarios que realizan inspecciones independientes y mejoras.
- 5 FASE** Se han desarrollado mecanismos *jidoka* y *poka-yoke* para fabricar la calidad en cada proceso y detectar los defectos en la fuente para evitar su recurrencia.

11. Operaciones estándares

- 1 FASE** Los métodos de operación se dejan a los operarios, que dependen de su experiencia e "instinto" para hacer el trabajo correcto.
- 2 FASE** Los operarios tienden a realizar sus tareas de modos similares, pero no hay intentos de mejorar la estandarización.
- 3 FASE** Se han establecido estándares específicos de proceso y generalmente se siguen.
- 4 FASE** Se siguen en cada proceso estándares de producción sistemáticos, pero no hay intentos de mejorarlos.
- 5 FASE** Las operaciones estándares están bien definidas, se siguen completamente, y constantemente se mejoran.

12. Jidoka

- 1 FASE** Todas las operaciones se hacen manualmente o mediante equipo de proceso costoso para grandes lotes.
- 2 FASE** Las operaciones se hacen con máquinas, pero siempre con asistencia humana.
- 3 FASE** Los trabajadores se han separado de las máquinas. Las máquinas pueden producir artículos defectuosos y deben pararse manualmente.
- 4 FASE** Los trabajadores se han separado de las máquinas que paran por sí solas cuando empiezan a producir artículos defectuosos.
- 5 FASE** La separación de los trabajadores y el *jidoka* se han extendido con éxito a la línea de ensamble.

13. Mantenimiento y seguridad	
FASE	Las máquinas se averían frecuentemente. Los accidentes son comunes.
FASE	Remediar las averías de las máquinas se deja siempre al personal de mantenimiento. Los accidentes ocurren ocasionalmente.
FASE	Después de las averías se hace una profunda reparación y mantenimiento. Raramente ocurren grandes accidentes.
FASE	Se practica un completo mantenimiento preventivo. Raramente ocurren accidentes grandes o pequeños.
FASE	Se practican actividades de mantenimiento generalizadas. No se producen averías de máquinas o accidentes.

Anexo 2. TiempoCinco fases de desarrollo de la producción Justo a Tiempo

Taller:
Evaluado por:
Fecha:

Lista de las principales funciones JIT y cinco fases de desarrollo		Primer nivel	Segundo nivel	Tercer nivel	Cuarto nivel	Quinto nivel
Nº	Nivel Función					
1	Revolución mentalidades	Producción en masa en gran escala para output máximo	Orientación al producto	Orientación al mercado, pero no implantada en cada taller	Orientación al servicio con talleres orientados al servicio	Orientación al servicio implantada en cada proceso
2	Las 5 S	Difícil para cada uno saber qué cosas están dónde, y cuándo	Difícil para visitantes saber qué cosas están, dónde están, pero los trabajadores lo saben	La fábrica usa dibujos y clasificación para control visual	Buenos indicadores y fábrica limpia, bien organizada	Limpieza, organización pulida con fuertes medidas de prevención de desperdicios
3	Producción en flujo	"Layout job shop", producción gestionada en grandes lotes	"Layout job shop", producción en pequeños lotes	"Layout" en línea, flujo en pequeños lotes entre procesos	"Layout" en línea, flujo de una pieza entre procesos	Plenas operaciones multi-proceso con flujo de una pieza
4	Operaciones multi-proceso	Operación de un solo proceso, apoyo a la especialización	Operaciones cooperativas estilo caravana	Operaciones cooperativas basadas en flujo	A medio camino del logro de operaciones multi-proceso regulares	Operaciones multi-proceso regulares y completas
5	Reducción costes de personal	Movimientos despilfarradores y demasiados trabajadores	Asignaciones fijas de trabajo y balances pobres	Asignaciones fijas de trabajo pero diferentes para cada modelo, balances ligeramente mejor	A medio camino del logro de operaciones multi-proceso regulares	Asignaciones flexibles de trabajo, con estrechas variaciones en volumen de output
6	Kanban	Producción "push", con stocks retenidos por todas partes	Producción "push", con puntos de almacenaje para stocks en proceso	Producción "pull", con localizaciones y volúmenes fijos	Asignaciones flexibles de trabajo, con amplia variación en volumen output	Kanban y mejoras
7	Control visual	Ocurren a menudo anomalías y usualmente se resuelven de algún modo	Ocurren a menudo anomalías y usualmente se resuelven de algún modo	Los supervisores saben cuando ocurren anomalías	Cualquiera puede decir cuando ocurre una anomalía	Se toma acción inmediata para remediar anomalías
8	Producción nivelada	Un programa de producción mensual, procesos a su propio ritmo	Dos programas de producción por mes, procesos a su propio ritmo	Programa de producción semanal, la línea en su conjunto tiene alguna clase de ritmo común	Programa diario de producción, toda la línea tiene un ritmo común	Producción completamente nivelada, toda la línea tiene un ritmo común
9	Preparación de equipos	Una preparación de equipos cada mes, que requiere medio día cada vez	El personal es consciente de las necesidades de preparación de los equipos	Equipos de preparación de máquinas, mejoras en algunos talleres	Cambios de útiles en menos de diez minutos	Preparación de equipos dentro del tiempo de ciclo
10	Aseguramiento de la cantidad	La fábrica entrega productos defectuosos y recibe quejas	Los productos defectuosos se separan en inspección final y no se expiden	La fábrica produce artículos defectuosos pero hay "feedback" de información para reducir defectos	Los procesos no pasan defectos a procesos siguientes (inspección independiente)	La planta crea la calidad en cada proceso (inspección en la fuente)
11	Operaciones estándares	Se dejan a cada operario los procedimientos de operación	Procedimientos de operación vagamente estandarizados en aproximadamente el mismo orden	Implantados operaciones estándares en procesos individuales	Planificadas las operaciones, pero no completamente implantadas	Plena implantación de operaciones estándares y mejoras
12	Automatización humana	Todos los procesos requieren asistencia manual, equipo para grandes lotes	Alguna automatización, pero los operarios están siempre presentes mientras las máquinas trabajan	Trabajo humano y de máquinas separados, las máquinas producen defectos a veces	Personas y máquinas trabajan separados, pero las máquinas a veces producen defectos	Personas y máquinas trabajan separados, no se producen defectos, hay mecanismos de automatización humana
13	Mantenimiento y seguridad	Numerosas paradas y accidentes	La fábrica emplea especialistas en mantenimiento pero tiene accidentes ocasionales	La fábrica tiene un mantenimiento sistemático y sin accidentes importantes	La fábrica tiene mantenimiento preventivo y está casi libre de accidentes	La fábrica tiene mantenimiento preventivo total y no tiene accidentes

Anexo 3. Diagrama de flujo del proceso para cada estación

Tabla de análisis de operaciones		Sección		Operación													
				Corte													
		Proceso	Pza. No.	Autor:													
		Corte Tabla	Zapata	Ing. Rosalba Sánchez													
Antes de mejora (fecha: 07-Sep-05)						Después de mejora (fecha:)											
No.	Trabajo	Transporte	Inspección	Movimiento	Tpo. Muerto	Descripción de operación	Tiempo	Distancia	No.	Trabajo	Transporte	Inspección	Movimiento	Tpo. Muerto	Descripción de operación	Tiempo	Distancia
1	●	→	■	●	▼	Cargar Lámina*	0.7		1	●	→	■	●	▼			
2	●	→	■	●	▼	Ajustar Lámina*	0.6		2	●	→	■	●	▼			
3	●	→	■	●	▼	Colocar lubricante*	2.9		3	●	→	■	●	▼			
4	●	→	■	●	▼	Presionar botón de corte	1		4	●	→	■	●	▼			
5	●	→	■	●	▼	Troquelar tabla	3		5	●	→	■	●	▼			
6	●	→	■	●	▼	Descargar tabla	5		6	●	→	■	●	▼			
7	●	→	■	●	▼	Colocar tabla en contenedor			7	●	→	■	●	▼			
8	●	→	■	●	▼				8	●	→	■	●	▼			
9	●	→	■	●	▼				9	●	→	■	●	▼			
10	●	→	■	●	▼				10	●	→	■	●	▼			
11	●	→	■	●	▼				11	●	→	■	●	▼			
12	●	→	■	●	▼				12	●	→	■	●	▼			
13	●	→	■	●	▼				13	●	→	■	●	▼			
14	●	→	■	●	▼				14	●	→	■	●	▼			
15	●	→	■	●	▼				15	●	→	■	●	▼			
16	●	→	■	●	▼				16	●	→	■	●	▼			
17	●	→	■	●	▼				17	●	→	■	●	▼			
18	●	→	■	●	▼				18	●	→	■	●	▼			
19	●	→	■	●	▼				19	●	→	■	●	▼			
20	●	→	■	●	▼				20	●	→	■	●	▼			
21	●	→	■	●	▼				21	●	→	■	●	▼			
22	●	→	■	●	▼				22	●	→	■	●	▼			
23	●	→	■	●	▼				23	●	→	■	●	▼			
24	●	→	■	●	▼				24	●	→	■	●	▼			
25	●	→	■	●	▼				25	●	→	■	●	▼			
26	●	→	■	●	▼				26	●	→	■	●	▼			
27	●	→	■	●	▼				27	●	→	■	●	▼			
28	●	→	■	●	▼				28	●	→	■	●	▼			
29	●	→	■	●	▼				29	●	→	■	●	▼			
30	●	→	■	●	▼				30	●	→	■	●	▼			
Total							13		Total								

* Los primeros tres procesos son por lámina y de cada lámina se obtienen 7 tablas por eso el tiempo se divide entre 7

Tabla de análisis de operaciones						Sección				Operación							
						Proceso		Pza. No.		Corte							
						Corte Costilla		Zapata		Ing. Rosalba Sánchez							
						Antes de mejora (fecha: 07-Sep-05)						Después de mejora (fecha:)					
No.	Trabajo	Transporte	Inspección	Movimiento	Tpo. Muerto	Descripción de operación	Tiempo	Distancia	No.	Trabajo	Transporte	Inspección	Movimiento	Tpo. Muerto	Descripción de operación	Tiempo	Distancia
1	●	→	■	●	▽	Cargar Lámina en rodillos*	0.5		1	●	→	■	●	▽			
2	●	→	■	●	▽	Ajustar Lámina*	0.4		2	●	→	■	●	▽			
3	●	→	■	●	▽	Colocar lubricante*	2.3		3	●	→	■	●	▽			
4	●	→	■	●	▽	Presionar botón de corte	2		4	●	→	■	●	▽			
5	●	→	■	●	▽	Troquelar costilla	3		5	●	→	■	●	▽			
6	●	→	■	●	▽	Descargar costilla y scrap	3.4		6	●	→	■	●	▽			
7	●	→	■	●	▽				7	●	→	■	●	▽			
8	●	→	■	●	▽				8	●	→	■	●	▽			
9	●	→	■	●	▽				9	●	→	■	●	▽			
10	●	→	■	●	▽				10	●	→	■	●	▽			
11	●	→	■	●	▽				11	●	→	■	●	▽			
12	●	→	■	●	▽				12	●	→	■	●	▽			
13	●	→	■	●	▽				13	●	→	■	●	▽			
14	●	→	■	●	▽				14	●	→	■	●	▽			
15	●	→	■	●	▽				15	●	→	■	●	▽			
16	●	→	■	●	▽				16	●	→	■	●	▽			
17	●	→	■	●	▽				17	●	→	■	●	▽			
18	●	→	■	●	▽				18	●	→	■	●	▽			
19	●	→	■	●	▽				19	●	→	■	●	▽			
20	●	→	■	●	▽				20	●	→	■	●	▽			
21	●	→	■	●	▽				21	●	→	■	●	▽			
22	●	→	■	●	▽				22	●	→	■	●	▽			
23	●	→	■	●	▽				23	●	→	■	●	▽			
24	●	→	■	●	▽				24	●	→	■	●	▽			
25	●	→	■	●	▽				25	●	→	■	●	▽			
26	●	→	■	●	▽				26	●	→	■	●	▽			
27	●	→	■	●	▽				27	●	→	■	●	▽			
28	●	→	■	●	▽				28	●	→	■	●	▽			
29	●	→	■	●	▽				29	●	→	■	●	▽			
30	●	→	■	●	▽				30	●	→	■	●	▽			
Total							12		Total								

* Los primeros tres procesos son por lámina y de cada lámina se obtienen 13 costillas por eso el tiempo se divide entre 13 (60"x16")

Tabla de análisis de operaciones					Sección		Operación										
					Proceso		Pza. No.		Autor:								
					Rolado		Zapata		Ing. Rosalba Sánchez								
Antes de mejora (fecha: 07-Sep-05)					Después de mejora (fecha:)												
No.	Trabajo	Transporte	Inspección	Movimiento	Tpo. Muerto	Descripción de operación	Tiempo	Distancia	No.	Trabajo	Transporte	Inspección	Movimiento	Tpo. Muerto	Descripción de operación	Tiempo	Distancia
1						Cargar tabla a la máquina	4		1								
2						Rolar la tabla	15		2								
3						Descargar la tabla a tarima	4		3								
4									4								
5									5								
6									6								
7									7								
8									8								
9									9								
10									10								
11									11								
12									12								
13									13								
14									14								
15									15								
16									16								
17									17								
18									18								
19									19								
20									20								
21									21								
22									22								
23									23								
24									24								
25									25								
26									26								
27									27								
28									28								
29									29								
30									30								
Total							23		Total								

Tabla de análisis de operaciones					Sección		Operación										
					Proceso		Pza. No.		Autor:								
					Planchado		Zapata		Ing. Rosalba Sánchez								
Antes de mejora (fecha: 07-Sep-05)					Después de mejora (fecha:)												
No.	Trabajo	Transporte	Inspección	Movimiento	Tpo. Muerto	Descripción de operación	Tiempo	Distancia	No.	Trabajo	Transporte	Inspección	Movimiento	Tpo. Muerto	Descripción de operación	Tiempo	Distancia
1	●	→	■	●	▼	Agarra y verifica tabla	6		1	●	→	■	●	▼			
2	●	→	■	●	▼	Enderezar tabla	8		2	●	→	■	●	▼			
3	●	→	■	●	▼	Planchar tabla	15		3	●	→	■	●	▼			
4	●	→	■	●	▼	Descarga la tabla	4		4	●	→	■	●	▼			
5	●	→	■	●	▼				5	●	→	■	●	▼			
6	●	→	■	●	▼				6	●	→	■	●	▼			
7	●	→	■	●	▼				7	●	→	■	●	▼			
8	●	→	■	●	▼				8	●	→	■	●	▼			
9	●	→	■	●	▼				9	●	→	■	●	▼			
10	●	→	■	●	▼				10	●	→	■	●	▼			
11	●	→	■	●	▼				11	●	→	■	●	▼			
12	●	→	■	●	▼				12	●	→	■	●	▼			
13	●	→	■	●	▼				13	●	→	■	●	▼			
14	●	→	■	●	▼				14	●	→	■	●	▼			
15	●	→	■	●	▼				15	●	→	■	●	▼			
16	●	→	■	●	▼				16	●	→	■	●	▼			
17	●	→	■	●	▼				17	●	→	■	●	▼			
18	●	→	■	●	▼				18	●	→	■	●	▼			
19	●	→	■	●	▼				19	●	→	■	●	▼			
20	●	→	■	●	▼				20	●	→	■	●	▼			
21	●	→	■	●	▼				21	●	→	■	●	▼			
22	●	→	■	●	▼				22	●	→	■	●	▼			
23	●	→	■	●	▼				23	●	→	■	●	▼			
24	●	→	■	●	▼				24	●	→	■	●	▼			
25	●	→	■	●	▼				25	●	→	■	●	▼			
26	●	→	■	●	▼				26	●	→	■	●	▼			
27	●	→	■	●	▼				27	●	→	■	●	▼			
28	●	→	■	●	▼				28	●	→	■	●	▼			
29	●	→	■	●	▼				29	●	→	■	●	▼			
30	●	→	■	●	▼				30	●	→	■	●	▼			
Total							33		Total								

Tabla de análisis de operaciones		Sección				Operación												
						Ensamble												
		Proceso		Pza. No.		Autor:												
		Ensamble		Zapata		Ing. Rosalba Sánchez												
Antes de mejora (fecha: 07-Sep-05)						Después de mejora (fecha:)												
No.	Trabajo	Transporte	Inspección	Movimiento	Tpo. Muerto	Descripción de operación	Tiempo	Distancia	No.	Trabajo	Transporte	Inspección	Movimiento	Tpo. Muerto	Descripción de operación	Tiempo	Distancia	
1						Cargar tabla y costilla	12		1									
2						Ensamble	22		2									
3						Descargar zapata	10		3									
4									4									
5									5									
6									6									
7									7									
8									8									
9									9									
10									10									
11									11									
12									12									
13									13									
14									14									
15									15									
16									16									
17									17									
18									18									
19									19									
20									20									
21									21									
22									22									
23									23									
24									24									
25									25									
26									26									
27									27									
28									28									
29									29									
30									30									
Total							44		Total									

Tabla de análisis de operaciones					Sección		Operación										
					Proceso		Pza. No.		Soldado								
					Soldado		Zapata		Ing. Rosalba Sánchez								
Antes de mejora (fecha: 07-Sep-05)					Después de mejora (fecha:)												
No.	Trabajo	Transporte	Inspección	Movimiento	Tpo. Muerto	Descripción de operación	Tiempo	Distancia	No.	Trabajo	Transporte	Inspección	Movimiento	Tpo. Muerto	Descripción de operación	Tiempo	Distancia
1						Cargar e Inspeccionar	12		1								
2						Soldar	23		2								
3						Descargar e Inspeccionar	8		3								
4									4								
5									5								
6									6								
7									7								
8									8								
9									9								
10									10								
11									11								
12									12								
13									13								
14									14								
15									15								
16									16								
17									17								
18									18								
19									19								
20									20								
21									21								
22									22								
23									23								
24									24								
25									25								
26									26								
27									27								
28									28								
29									29								
30									30								
Total							43		Total								

Tabla de análisis de operaciones					Sección		Operación										
					Proceso		Pza. No.		Autor:								
					Pulido		Zapata		Ing. Rosalba Sánchez								
Antes de mejora (fecha: 07-Sep-05)					Después de mejora (fecha:)												
No.	Trabajo	Transporte	Inspección	Movimiento	Tpo. Muerto	Descripción de operación	Tiempo	Distancia	No.	Trabajo	Transporte	Inspección	Movimiento	Tpo. Muerto	Descripción de operación	Tiempo	Distancia
1						Carga	4		1								
2						Pulido	38		2								
3						Descarga	7		3								
4									4								
5									5								
6									6								
7									7								
8									8								
9									9								
10									10								
11									11								
12									12								
13									13								
14									14								
15									15								
16									16								
17									17								
18									18								
19									19								
20									20								
21									21								
22									22								
23									23								
24									24								
25									25								
26									26								
27									27								
28									28								
29									29								
30									30								
Total							49		Total								

Tabla de análisis de operaciones					Sección		Operación										
					Proceso		Pza. No.		Autor:								
					Lavado		Zapata		Ing. Rosalba Sánchez								
Antes de mejora (fecha: 07-Sep-05)					Después de mejora (fecha:)												
No.	Trabajo	Transporte	Inspección	Movimiento	Tpo. Muerto	Descripción de operación	Tiempo	Distancia	No.	Trabajo	Transporte	Inspección	Movimiento	Tpo. Muerto	Descripción de operación	Tiempo	Distancia
1						Cargar Máquina	80		1								
2						Lavar piezas	450		2								
3						Descargar la máquina	60		3								
4						Secar piezas y descargarla	314		4								
5									5								
6									6								
7									7								
8									8								
9									9								
10									10								
11									11								
12									12								
13									13								
14									14								
15									15								
16									16								
17									17								
18									18								
19									19								
20									20								
21									21								
22									22								
23									23								
24									24								
25									25								
26									26								
27									27								
28									28								
29									29								
30									30								
Total							904		Total								

Tabla de análisis de operaciones					Sección		Operación										
					Proceso		Pza. No.		Autor:								
					Pintado		Zapata		Ing. Rosalba Sánchez								
Antes de mejora (fecha: 07-Sep-05)					Después de mejora (fecha:)												
No.	Trabajo	Transporte	Inspección	Movimiento	Tpo. Muerto	Descripción de operación	Tiempo	Distancia	No.	Trabajo	Transporte	Inspección	Movimiento	Tpo. Muerto	Descripción de operación	Tiempo	Distancia
1	●	→	■	⬢	▽	Carga	5		1	●	→	■	⬢	▽			
2	●	→	■	⬢	▽	Limpiar pieza	26		2	●	→	■	⬢	▽			
3	●	→	■	⬢	▽	Pintar pieza	55		3	●	→	■	⬢	▽			
4	●	→	■	⬢	▽	Inspección	2		4	●	→	■	⬢	▽			
5	●	→	■	⬢	▽	Descargar pieza	4		5	●	→	■	⬢	▽			
6	●	→	■	⬢	▽				6	●	→	■	⬢	▽			
7	●	→	■	⬢	▽				7	●	→	■	⬢	▽			
8	●	→	■	⬢	▽				8	●	→	■	⬢	▽			
9	●	→	■	⬢	▽				9	●	→	■	⬢	▽			
10	●	→	■	⬢	▽				10	●	→	■	⬢	▽			
11	●	→	■	⬢	▽				11	●	→	■	⬢	▽			
12	●	→	■	⬢	▽				12	●	→	■	⬢	▽			
13	●	→	■	⬢	▽				13	●	→	■	⬢	▽			
14	●	→	■	⬢	▽				14	●	→	■	⬢	▽			
15	●	→	■	⬢	▽				15	●	→	■	⬢	▽			
16	●	→	■	⬢	▽				16	●	→	■	⬢	▽			
17	●	→	■	⬢	▽				17	●	→	■	⬢	▽			
18	●	→	■	⬢	▽				18	●	→	■	⬢	▽			
19	●	→	■	⬢	▽				19	●	→	■	⬢	▽			
20	●	→	■	⬢	▽				20	●	→	■	⬢	▽			
21	●	→	■	⬢	▽				21	●	→	■	⬢	▽			
22	●	→	■	⬢	▽				22	●	→	■	⬢	▽			
23	●	→	■	⬢	▽				23	●	→	■	⬢	▽			
24	●	→	■	⬢	▽				24	●	→	■	⬢	▽			
25	●	→	■	⬢	▽				25	●	→	■	⬢	▽			
26	●	→	■	⬢	▽				26	●	→	■	⬢	▽			
27	●	→	■	⬢	▽				27	●	→	■	⬢	▽			
28	●	→	■	⬢	▽				28	●	→	■	⬢	▽			
29	●	→	■	⬢	▽				29	●	→	■	⬢	▽			
30	●	→	■	⬢	▽				30	●	→	■	⬢	▽			
Total							92		Total								

Anexo 4. Herramienta para cálculo de métricas para cada estación

Corte Tabla

CALCULO DISPONIBILIDAD POR PROCESO		
# Máquinas:	2	máq.
Tiempo disponible por turno:	33000	seg
% de tiempo asignado:	20%	
Tiempo disponible por proceso:	6600	seg/día

$$t_e = \frac{t_0 + \frac{t_{\text{setup}}}{N} + \frac{t_{\text{inspección}}}{N} + \frac{t_{\text{ajustes}}}{N} + \frac{t_{\text{reab.}}}{N} + \frac{t_{\text{mito}}}{N}}{\text{uptime}}$$

$$t_0 = c \text{ arg a} + \text{operación} + \text{desc arg a}$$

CALCULO TIEMPO DE PROCESAMIENTO t_0		
Tiempo de carga:	4.14286	seg
Tiempo operativo:	4	seg
Tiempo de descarga:	5	seg
Tiempo de procesamiento (t_0):	13.1429	seg/pza

$$A_T = \left(\frac{m_{rF}}{m_{rF} + m_{rM}} \right) * \left(\frac{m_{rM}}{m_{rM} + m_{rF}} \right)$$

CALCULO DEL UPTIME (A)		
Falla de máquina (m_{rFA}):	46200	
Falla de máquina (m_{rFA}):	7200	
Mtto de máquina (m_{rMA}):	5890500	
Mtto de máquina (m_{rMA}):	115500	
Tiempo promedio antes de que falle (m_f):	5936700	seg/día
Tiempo promedio antes de reparación (m_r):	122700	seg/día
Uptime (A)=	95.99%	

DATOS LEAN VIEW		
Setup:	7200	seg
Tiempo del flujo (t_e):	17.1212	seg/pza
Tiempo manual:	13.1212	seg/pza
Tiempo automático:	4	seg/pza
# Operadores:	2	
# piezas procesadas:	1	
% de Productos buenos:	99.88%	
% del proceso que añade valor	23%	

CALCULO DEL TIEMPO DE FLUJO (t_e)		
Tiempo de procesamiento (t_0):	13.14286	seg/día
Setup/N:	2.88	seg/día
Inspección/N:	0.1	seg/día
Ajustes/N:	0.024	seg/día
Retiro de rebaba/N:	0.288	seg/día
Tiempo de Flujo (t_e)	17.12123	

CALCULO DE % DE PRODUCTOS BUENOS		
Producción por turno (N):	2500	piezas
# pzas defectuosas:	3	seg
% de Productos buenos:	99.88%	seg

CAPACIDAD ACTUAL		
Capacidad de producción (μ):	0.058407	pz/seg
Tiempo de prod. X dem.		
Mensual:	80469.78	seg
# Máquinas necesarias:	0.58059	maq
# Máquinas exactas:	1	maq
Utilización (ρ):	58.059%	

Corte Costilla

DISPONIBILIDAD POR PROCESO		
# Máquinas:	1	máq.
Tiempo disponible por turno:	33000	seg
% de tiempo asignado:	80%	
Tiempo disponible por proceso:	26400	seg

$$t_e = \frac{t_0 + \frac{t_{\text{setup}}}{N} + \frac{t_{\text{inspección}}}{N} + \frac{t_{\text{ajustes}}}{N} + \frac{t_{\text{reab}}}{N}}{\text{uptime}}$$

$$t_0 = \text{carga} + \text{operación} + \text{descarga}$$

CÁLCULO TIEMPO DE PROCESAMIENTO t_0		
Tiempo de carga:	3.23077	seg
Tiempo operativo:	5	seg
Tiempo de descarga:	3.38462	seg
Tiempo de procesamiento (t_0):	11.6154	seg/pza

$$A_T = \left(\frac{m_{rF}}{m_{rF} + m_{rM}} \right) * \left(\frac{m_{JM}}{m_{JM} + m_{rM}} \right)$$

CÁLCULO DEL TIEMPO DE FLUJO (t_e)		
Tiempo de procesamiento (t_0):	11.61538	seg/día
Setup/N:	4.8	seg/día
Inspección/N:	0.1	seg/día
Ajustes/N:	0.04	seg/día
Retiro de rebaba/N:	0.4	seg/día
Tiempo de Flujo (t_e)	17.57225	

CÁLCULO DEL UPTIME (A)		
Falla de máquina (m_{rFA}):	233.333	
Falla de máquina (m_{rFA}):	7200	
Mtto de máquina (m_{rMA}):	5890500	
Mtto de máquina (m_{rMA}):	99000	
Tiempo promedio antes de que falle (m_f):	5890733	seg/día
Tiempo promedio antes de reparación (m_r):	106200	seg/día
Uptime (A)=	96.49%	

CÁLCULO DE % DE PRODUCTOS BUENOS		
Producción por turno (N):	1500	piezas
# pzas defectuosas:	15	seg
% de Productos buenos:	99%	seg

DATOS LEAN VIEW		
Setup:	7200	seg
Tiempo del flujo (t_e):	17.5722	seg
Tiempo manual:	12.5722	seg
Tiempo automático:	5	seg
Operadores:	2	
# piezas procesadas:	1	
% de Productos buenos:	99.00%	
% del proceso que añade valor	28.5%	

CAPACIDAD ACTUAL		
Capacidad de producción (μ):	0.056908	pz/seg
Tiempo de prod. X dem.		
Mensual:	165179.1	seg
# Máquinas necesarias:	0.297942	maq
# Máquinas exactas:	1	maq
Utilización (ρ):	30%	

Perforado de Costilla

DISPONIBILIDAD POR PROCESO		
# Máquinas:	1	máq.
Tiempo disponible por turno:	33000	seg
% de tiempo asignado:	80%	
Tiempo disponible por proceso:	26400	seg

$$t_e = \frac{t_0 + \frac{t_{\text{setup}}}{N} + \frac{t_{\text{inspección}}}{N} + \frac{t_{\text{ajustes}}}{N} + \frac{t_{\text{reab}}}{N} + \frac{t_{\text{mto}}}{N}}{\text{uptime}}$$

$$t_0 = c \arg a + \text{operación} + \text{desc arg a}$$

CÁLCULO TIEMPO DE PROCESAMIENTO t_0		
Tiempo de carga:	4.5	seg
Tiempo operativo:	6	seg
Tiempo de descarga:	4	seg
Tiempo de procesamiento (t_0):	14.5	seg/pza

$$A_T = \left(\frac{m_{jF}}{m_{jF} + m_{rF}} \right) * \left(\frac{m_{jM}}{m_{jM} + m_{rM}} \right)$$

CALCULO DEL UPTIME (A)		
Falla de máquina (m_{fFA}):	0	
Falla de máquina (m_{rFA}):	0	
Mtto de máquina (m_{fMA}):	10048500	
Mtto de máquina (m_{rMA}):	346500	
Tiempo promedio antes de que falle (m_f):	10048500	seg/día
Tiempo promedio antes de reparación (m_r):	346500	seg/día
Uptime (A)=	93.44%	

DATOS LEAN VIEW		
Setup:	7200	
Tiempo del flujo:	21.08624	
Tiempo manual:	15.08624	
Tiempo automático:	6	
Operadores:	1	
# piezas procesadas:	1	
% de Productos buenos:	100.00%	
% del proceso que añade valor	28%	

CÁLCULO DEL TIEMPO DE FLUJO (t_e)		
Tiempo de procesamiento (t_0):	14.5	seg/día
Setup/N:	4.23529	seg/día
Inspección/N:	0.1	seg/día
Ajustes/N:	0.04	seg/día
Reabastecimiento material/N:	0.83333	seg/día
Tiempo de Flujo (t_e)	21.0862	

CALCULO DE % DE PRODUCTOS BUENOS		
Producción por turno (N):	1700	piezas
# pzas defectuosas:	0	seg
% de Productos buenos:	100.00%	seg

CAPACIDAD ACTUAL		
Capacidad de producción (μ):	0.04742	pz/seg
Tiempo de prod. X dem.		
Mensual:	165179	seg
# Máquinas necesarias:	0.29794	maq
# Máquinas exactas:	1	maq
Utilización (ρ):	30%	

Rolado

DISPONIBILIDAD POR PROCESO		
# Máquinas:	1	máq.
Tiempo disponible por turno:	33000	seg
% de tiempo asignado:	100%	
Tiempo disponible por proceso:	33000	seg

$$t_0 = c \arg a + \text{operación} + \text{desc arg } a$$

$$t_e = \frac{t_0 + \frac{t_{\text{setup}}}{N} + \frac{t_{\text{inspección}}}{N} + \frac{t_{\text{ajustes}}}{N} + \frac{t_{\text{reab}}}{N} + \frac{t_{\text{mto}}}{N}}{\text{uptime}}$$

CÁLCULO TIEMPO DE PROCESAMIENTO t_0		
Tiempo de carga:	4	seg
Tiempo operativo:	10	seg
Tiempo de descarga:	4	seg
Tiempo de procesamiento (t_0):	18	seg/pza

$$A_T = \left(\frac{m_{fF}}{m_{fF} + m_{rF}} \right) * \left(\frac{m_{fM}}{m_{fM} + m_{rM}} \right)$$

CÁLCULO DEL UPTIME (A)		
Falla de máquina (m_{fFA}):	5544000	
Falla de máquina (m_{rFA}):	12600	
Mtto de máquina (m_{fMA}):	0	
Mtto de máquina (m_{rMA}):	0	
Tiempo promedio antes de que falle (m_f):	5544000	seg/día
Tiempo promedio antes de reparación (m_r):	12600	seg/día
Uptime (A)=	99.55%	

DATOS LEAN VIEW		
Setup:	1214.286	seg
Tiempo del flujo:	20.77619	seg
Tiempo manual:	10.77619	seg
Tiempo automático:	10	seg
Operadores:	1	
# piezas procesadas:	1	
% de Productos buenos:	99.20%	
% del proceso que añade valor	48%	

CÁLCULO DEL TIEMPO DE FLUJO (t_e)		
Tiempo de procesamiento (t_0):	18	seg/día
Setup/N:	0.80952	seg/día
Inspección/N:	0.5	seg/día
Ajustes/N:	0.8	seg/día
Reabastecimiento Material/N:	0.66667	seg/día
Tiempo de Flujo (t_e)	20.7762	

CÁLCULO DE % DE PRODUCTOS BUENOS		
Producción por turno:	1500	piezas
# pzas defectuosas:	12	seg
% de Productos buenos:	99.20%	seg

CAPACIDAD ACTUAL		
Capacidad de producción (μ):	0.04813	pz/seg
Tiempo de prod. X dem.		
Mensual:	97648.1	seg
# Máquinas necesarias:	0.14091	maq
# Máquinas exactas:	1	maq
Utilización (ρ):	14%	

Planchado

DISPONIBILIDAD POR PROCESO		
# Máquinas:	1	máq.
Tiempo disponible por turno:	33000	seg
% de tiempo asignado:	100%	
Tiempo disponible por proceso:	33000	seg

$$t_0 = c \text{ arg } a + \text{operación} + \text{desc arg } a$$

CÁLCULO TIEMPO DE PROCESAMIENTO t_0		
Tiempo de carga:	4	seg
Tiempo operativo:	15	seg
Tiempo de descarga:	4	seg
Tiempo de procesamiento (t_0):	23	seg/pza

$$A_T = \left(\frac{m_{rF}}{m_{rF} + m_{rF}} \right) * \left(\frac{m_{JM}}{m_{JM} + m_{rM}} \right)$$

CÁLCULO DEL UPTIME (A)		
Falla de máquina (m_{rFA}):	0	
Falla de máquina (m_{rFA}):	0	
Mtto de máquina (m_{rMA}):	1732500	
Mtto de máquina (m_{rMA}):	16500	
Tiempo promedio antes de que falle (m_f):	1732500	seg/día
Tiempo promedio antes de reparación (m_r):	16500	seg/día
Uptime (A)=	98.12%	

DATOS LEAN VIEW		
Setup:	1800	seg
Tiempo del flujo:	26.03656	seg
Tiempo manual:	11.03656	seg
Tiempo automático:	15	seg
Operadores:	1	
# piezas procesadas:	1	
% de Productos buenos:	99.83%	
% del proceso que añade valor	57.61%	

$$t_e = \frac{t_0 + \frac{t_{\text{setup}}}{N} + \frac{t_{\text{inspección}}}{N} + \frac{t_{\text{ajustes}}}{N} + \frac{t_{\text{reab}}}{N} + \frac{t_{\text{mtto}}}{N}}{\text{uptime}}$$

CÁLCULO DEL TIEMPO DE FLUJO (t_e)		
Tiempo de procesamiento (t_0):	23	seg/día
Setup/N:	1.5	seg/día
Inspección/N:	0.38095	seg/día
Ajustes/N:	0	seg/día
Reabastecimiento Material/N:	0.66667	seg/día
Tiempo de Flujo (t_e)	26.0366	

CÁLCULO DE % DE PRODUCTOS BUENOS		
Producción por turno:	1200	piezas
# pzas defectuosas:	2	seg
% de Productos buenos:	99.83%	seg

CAPACIDAD ACTUAL		
Capacidad de producción (μ):	0.03841	pz/seg
Tiempo de prod. X dem.		
Mensual:	122372	seg
# Máquinas necesarias:	0.17658	maq
# Máquinas exactas:	1	maq
Utilización (ρ):	18%	

Ensamble

DISPONIBILIDAD POR PROCESO		
# Máquinas:	1	máq.
Tiempo disponible por turno:	33000	seg
% de tiempo asignado:	100%	
Tiempo disponible por proceso:	33000	seg

$$t_0 = c \arg a + \text{operación} + \text{desc arg a}$$

CÁLCULO TIEMPO DE PROCESAMIENTO t_0		
Tiempo de carga:	12	seg
Tiempo operativo:	22	seg
Tiempo de descarga:	10	seg
Tiempo de procesamiento (t_0):	44	seg/pza

$$A_T = \left(\frac{m_{fF}}{m_{fF} + m_{rF}} \right) * \left(\frac{m_{fM}}{m_{fM} + m_{rM}} \right)$$

CÁLCULO DEL UPTIME (A)		
Falla de máquina (m_{fFA}):	5544000	
Falla de máquina (m_{rFA}):	17100	
Mtto de máquina (m_{fMA}):	0	
Mtto de máquina (m_{rMA}):	0	
Tiempo promedio antes de que falle (m_f):	5544000	seg/día
Tiempo promedio antes de reparación (m_r):	17100	seg/día
Uptime (A)=	99.39%	

DATOS LEAN VIEW		
Setup:	1560	seg
Tiempo del flujo:	54.72652	seg
Tiempo manual:	32.72652	seg
Tiempo automático:	22	seg
Operadores:	1	
# piezas procesadas:	1	
% de Productos buenos:	100%	
% del proceso que añade valor	40.20%	

$$t_e = \frac{t_0 + \frac{t_{\text{setup}}}{N} + \frac{t_{\text{inspección}}}{N} + \frac{t_{\text{ajustes}}}{N} + \frac{t_{\text{reab}}}{N} + \frac{t_{\text{mto}}}{N}}{\text{uptime}}$$

CÁLCULO DEL TIEMPO DE FLUJO (t_e)		
Tiempo de procesamiento (t_0):	44	seg/día
Setup/N:	4.45714	seg/día
Inspección/N:	2	seg/día
Ajustes/N:	0	seg/día
Reabastecimiento Material/N:	3.93333	seg/día
Tiempo de Flujo (t_e)	54.7265	

CÁLCULO DE % DE PRODUCTOS BUENOS		
Producción por turno:	350	piezas
# pzas defectuosas:	0	seg
% de Productos buenos:	100.00%	seg

CAPACIDAD ACTUAL		
Capacidad de producción (μ):	0.01827	pz/seg
Tiempo de prod. X dem.		
Mensual:	257215	seg
# Máquinas necesarias:	0.37116	maq
# Máquinas exactas:	1	maq
Utilización (ρ):	37%	

Soldado

DISPONIBILIDAD POR PROCESO		
# Máquinas:	1	máq.
Tiempo disponible por turno:	33000	seg
% de tiempo asignado:	100%	
Tiempo disponible por proceso:	33000	seg

$$t_0 = c \arg a + \text{operación} + \text{desc arg a}$$

CÁLCULO TIEMPO DE PROCESAMIENTO t_0		
Tiempo de carga:	10	seg
Tiempo operativo:	23	seg
Tiempo de descarga:	7	seg
Tiempo de procesamiento (t_0):	40	seg/pza

$$A_T = \left(\frac{m_{jF}}{m_{jF} + m_{rF}} \right) * \left(\frac{m_{jM}}{m_{jM} + m_{rM}} \right)$$

CÁLCULO DEL UPTIME (A)		
Falla de máquina (m_{fA}):	8316000	
Falla de máquina (m_{rFA}):	1800	
Mtto de máquina (m_{fMA}):	165000	
Mtto de máquina (m_{rMA}):	300	
Tiempo promedio antes de que falle (m_f):	8481000	seg/día
Tiempo promedio antes de reparación (m_r):	2100	seg/día
Uptime (A)=	99.95%	

DATOS LEAN VIEW		
Setup:	3900	
Tiempo del flujo:	55.19399	seg
Tiempo manual:	32.19399	seg
Tiempo automático:	23	seg
Operadores:	1	
# piezas procesadas:	1	
% de Productos buenos:	95.00%	
% del proceso que añade valor	41.67%	

$$t_e = \frac{t_0 + \frac{t_{\text{setup}}}{N} + \frac{t_{\text{inspección}}}{N} + \frac{t_{\text{ajustes}}}{N} + \frac{t_{\text{reab}}}{N} + \frac{t_{\text{mito}}}{N}}{\text{uptime}}$$

CÁLCULO DEL TIEMPO DE FLUJO (t_e)		
Tiempo de procesamiento (t_0):	40	seg/día
Setup/N:	8.66667	seg/día
Inspección/N:	3	seg/día
Ajustes/N:	3.5	seg/día
Reabastecimiento Material/N:	0	seg/día
Tiempo de Flujo (t_e)	55.194	

CÁLCULO DE % DE PRODUCTOS BUENOS		
Producción por turno:	450	piezas
# pzas defectuosas:	22.5	seg
% de Productos buenos:	95.00%	seg

CAPACIDAD ACTUAL		
Capacidad de producción (μ):	0.01812	pz/seg
Tiempo de prod. X dem.		
Mensual:	259412	seg
# Máquinas necesarias:	0.37433	maq
# Máquinas exactas:	1	maq
Utilización (ρ):	37%	

Pulido

DISPONIBILIDAD POR PROCESO		
# Máquinas:	1	máq.
Tiempo disponible por turno:	33000	seg
% de tiempo asignado:	100%	
Tiempo disponible por proceso:	33000	seg

$$t_0 = c \arg a + \text{operación} + \text{desc arg a}$$

CÁLCULO TIEMPO DE PROCESAMIENTO t_0		
Tiempo de carga:	4	seg
Tiempo operativo:	38	seg
Tiempo de descarga:	7	seg
Tiempo de procesamiento (t_0):	49	seg/pza

$$A_T = \left(\frac{m_{fF}}{m_{fF} + m_{rF}} \right) * \left(\frac{m_{fM}}{m_{fM} + m_{rM}} \right)$$

CÁLCULO DEL UPTIME (A)		
Falla de máquina (m_{fFA}):	0	
Falla de máquina (m_{rFA}):	0	
Mtto de máquina (m_{fMA}):	693000	
Mtto de máquina (m_{rMA}):	900	
Tiempo promedio antes de que falle (m_f):	693000	seg/día
Tiempo promedio antes de reparación (m_r):	900	seg/día
Uptime (A)=	99.74%	

DATOS LEAN VIEW		
Setup:	600	
Tiempo del flujo:	55.64425	seg
Tiempo manual:	55.64425	seg
Tiempo automático:	0	seg
Operadores:	1	
# piezas procesadas:	1	
% de Productos buenos:	100.00%	
% del proceso que añade valor	68.29%	

$$t_e = \frac{t_0 + \frac{t_{\text{setup}}}{N} + \frac{t_{\text{inspección}}}{N} + \frac{t_{\text{ajustes}}}{N} + \frac{t_{\text{reab}}}{N} + \frac{t_{\text{mtto}}}{N}}{\text{uptime}}$$

CÁLCULO DEL TIEMPO DE FLUJO (t_e)		
Tiempo de procesamiento (t_0):	49	seg/día
Setup/N:	2	seg/día
Inspección/N:	0	seg/día
Ajustes/N:	4.5	seg/día
Reabastecimiento Material/N:	0	seg/día
Tiempo de Flujo (t_e)	55.6442	

CÁLCULO DE % DE PRODUCTOS BUENOS		
Producción por turno:	300	piezas
# pzas defectuosas:	0	seg
% de Productos buenos:	100.00%	seg

CAPACIDAD ACTUAL		
Capacidad de producción (μ):	0.01797	pz/seg
Tiempo de prod. X dem.		
Mensual:	261528	seg
# Máquinas necesarias:	0.37739	maq
# Máquinas exactas:	1	maq
Utilización (ρ):	38%	

Lavado

DISPONIBILIDAD POR PROCESO		
# Máquinas:	1	máq.
Tiempo disponible por turno:	33000	seg
% de tiempo asignado:	100%	
Tiempo disponible por proceso:	33000	seg

$$t_0 = c \arg a + \text{operación} + \text{desc arg a}$$

CÁLCULO TIEMPO DE PROCESAMIENTO t_0		
Tiempo de carga:	80	seg
Tiempo operativo:	450	seg
Tiempo de descarga:	60	seg
Tiempo de procesamiento (t_0):	590	seg/pza

$$A_T = \left(\frac{m_{jF}}{m_{jF} + m_{rF}} \right) * \left(\frac{m_{jM}}{m_{jM} + m_{rM}} \right)$$

CÁLCULO DEL UPTIME (A)		
Falla de máquina (m_{fA}):	4158000	
Falla de máquina (m_{rFA}):	7200	
Mtto de máquina (m_{fMA}):	884680.9	
Mtto de máquina (m_{rMA}):	7200	
Tiempo promedio antes de que falle (m_f):	5042681	seg/día
Tiempo promedio antes de reparación (m_r):	14400	seg/día
Uptime (A)=	99.43%	

DATOS LEAN VIEW		
Setup:	1080	
Tiempo del flujo:	598.0295	seg
Tiempo manual:	148.0295	seg
Tiempo automático:	450	seg
Operadores:	1	
# piezas procesadas:	10	
% de Productos buenos:	100.00%	
% del proceso que añade valor	75.25%	

$$t_e = \frac{t_0 + \frac{t_{\text{setup}}}{N} + \frac{t_{\text{inspección}}}{N} + \frac{t_{\text{ajustes}}}{N} + \frac{t_{\text{reab}}}{N} + \frac{t_{\text{mto}}}{N}}{\text{uptime}}$$

CÁLCULO DEL TIEMPO DE FLUJO (t_e)		
Tiempo de procesamiento (t_0):	590	seg/día
Setup/N:	3.08571	seg/día
Inspección/N:	0	seg/día
Ajustes/N:	1.54286	seg/día
Reabastecimiento Material/N:	0	seg/día
Tiempo de Flujo (t_e)	598.029	

CÁLCULO DE % DE PRODUCTOS BUENOS		
Producción por turno:	350	piezas
# pzas defectuosas:	0	seg
% de Productos buenos:	100.00%	seg

CAPACIDAD ACTUAL		
Capacidad de producción (μ):	0.01672	pz/seg
Tiempo de prod. X dem.		
Mensual:	281074	seg
# Máquinas necesarias:	0.40559	maq
# Máquinas exactas:	1	maq
Utilización (ρ):	41%	

Pintado

DISPONIBILIDAD POR PROCESO		
# Máquinas:	1	máq.
Tiempo disponible por turno:	33000	seg
% de tiempo asignado:	100%	
Tiempo disponible por proceso:	33000	seg

$$t_0 = c \arg a + \text{operación} + \text{desc arg a}$$

CÁLCULO TIEMPO DE PROCESAMIENTO t_0		
Tiempo de carga:	31	seg
Tiempo operativo:	55	seg
Tiempo de descarga:	4	seg
Tiempo de procesamiento (t_0):	90	seg/pza

$$A_T = \left(\frac{m_{fF}}{m_{fF} + m_{rF}} \right) * \left(\frac{m_{fM}}{m_{fM} + m_{rM}} \right)$$

CÁLCULO DEL UPTIME (A)		
Falla de máquina (m_{fFA}):	792000	
Falla de máquina (m_{rFA}):	3000	
Mtto de máquina (m_{fMA}):	2376000	
Mtto de máquina (m_{rMA}):	52200	
Tiempo promedio antes de que falle (m_f):	3168000	seg/día
Tiempo promedio antes de reparación (m_r):	55200	seg/día
Uptime (A)=	96.60%	

DATOS LEAN VIEW		
Setup:	5400	
Tiempo del flujo:	105.3973	seg
Tiempo manual:	105.3973	seg
Tiempo automático:	0	seg
Operadores:	2	
# piezas procesadas:	1	
% de Productos buenos:	100.00%	
% del proceso que añade valor	52.18%	

$$t_e = \frac{t_0 + \frac{t_{\text{setup}}}{N} + \frac{t_{\text{inspección}}}{N} + \frac{t_{\text{ajustes}}}{N} + \frac{t_{\text{reab.}}}{N} + \frac{t_{\text{mtto}}}{N}}{\text{uptime}}$$

CÁLCULO DEL TIEMPO DE FLUJO (t_e)		
Tiempo de procesamiento (t_0):	90	seg/día
Setup/N:	9.81818	seg/día
Inspección/N:	2	seg/día
Ajustes/N:	0	seg/día
Reabastecimiento Material/N:	0	seg/día
Tiempo de Flujo (t_e)	105.397	

CÁLCULO DE % DE PRODUCTOS BUENOS		
Producción por turno:	550	piezas
# pzas defectuosas:	0	seg
% de Productos buenos:	100.00%	seg

CAPACIDAD ACTUAL		
Capacidad de producción (μ):	0.00949	pz/seg
Tiempo de prod. X dem.		
Mensual:	495367	seg
# Máquinas necesarias:	0.71482	maq
# Máquinas exactas:	1	maq
Utilización (ρ):	71%	

Anexo 5. Resumen de resultados del mapa del estado actual en Leanview

Zapatras Summary Data

Demand Period 21.66 days
Takt Time 2.49 mins

Work Time

Hours Per Day 9.00 hrs
Days Per Week 5.00 days
Days Per Year 250.00 days

General Properties

Map Type Manufacturing
Map State Current State
Customer Name Varios
Product Family Zapatras
Author RS
Produced For Equipo Lean
TLM

Master Item List

Top-Level Map (VSM de TLM Entregable.vsd)

Product	Base			Demand Factor	Projected Demand
	Demand	Units	Price		
Zapata 4515Q	3,500	Units	\$ 88.00	1	3,500
Zapata 4515P	600	Units	\$ 92.00	1	600
Zapata 4707	300	Units	\$ 94.00	1	300
Zapata 4524	200	Units	\$ 95.00	1	200
Zapata 4709	100	Units	\$ 97.00	1	100
Raw Material/WIP	Base			Demand Factor	Projected Demand
	Demand	Units	Cost		
Lamina	25,607.80	kgs	\$ 9.22	1	25,607.80
Alambre p/soldar	3.13	Rollos	\$ 346.80	1	3.13
Pintura	0.78	Tambor	\$ 4,413.22	1	0.78
Xilol	0.39	Tambor	\$ 1,548.00	1	0.39

Process Step	Flow Time	Manual Time (MCT)	Auto Time (ART)	People (FTE)	Normal Process Quantity	C/O Time	% Yield	Percent Value Added
Corte Tabla	17.00 secs	13.00 secs	4.00 secs	2.00	1.00	7,200.00 secs	99.9%	24.00%
Rolado	21.00 secs	11.00 secs	10.00 secs	1.00	1.00	1,215.00 secs	99.2%	48.00%
Planchado	26.00 secs	11.00 secs	15.00 secs	1.00	1.00	1,800.00 secs	99.8%	58.16%
Ensamble	55.00 secs	33.00 secs	22.00 secs	1.00	1.00	1,560.00 secs	100%	40.32%
Soldado	55.00 secs	32.00 secs	23.00 secs	1.00	1.00	3,900.00 secs	95.0%	41.68%
Pulido	56.00 secs	56.00 secs	-	1.00	1.00	600.00 secs	100%	68.38%
Lavado	596.00 secs	146.00 secs	450.00 secs	1.00	10.00	1,080.00 secs	100%	75.46%
Pintado	103.59 secs	103.59 secs	-	2.00	1.00	5,400.00 secs	100%	53.09%
Corte Costilla	17.00 secs	12.00 secs	5.00 secs	2.00	1.00	7,200.00 secs	99.0%	29.00%
Perf. Costilla	20.00 secs	14.00 secs	6.00 secs	1.00	1.00	7,200.00 secs	100%	29.00%
Process Total	0.27 hrs	0.12 hrs	0.15 hrs	13.00		10.32 hrs		

Inventory	Qty	Units	Supply
Inventory			
Lamina	30000	kgs	25.3751 days
Zapata 4515P	0	Units	-
Inventory			
Lamina	6120	kgs	5.1765 days
Zapata 4515P	0	Units	-
Inventory			
Lamina	5100	kgs	4.3138 days
Zapata 4515Q	0	Units	-
Inventory			
Lamina	5100	kgs	4.3138 days
Zapata 4515Q	0	Units	-
Inventory			
Zapata 4515Q	225	Units	1.3924 days
Zapata 4515P	39	Units	1.4079 days
Zapata 4707	18	Units	1.2996 days
Zapata 4524	12	Units	1.2996 days
Zapata 4709	6	Units	1.2996 days
Inventory			
Zapata 4515Q	300	Units	1.8566 days
Zapata 4515P	52	Units	1.8772 days
Zapata 4707	24	Units	1.7328 days
Zapata 4524	16	Units	1.7328 days
Zapata 4709	8	Units	1.7328 days
Inventory			
Zapata 4515Q	300	Units	1.8566 days
Zapata 4515P	52	Units	1.8772 days
Zapata 4707	24	Units	1.7328 days
Zapata 4524	16	Units	1.7328 days
Zapata 4709	8	Units	1.7328 days
Inventory			
Zapata 4515Q	375	Units	2.3207 days
Zapata 4515P	65	Units	2.3465 days
Zapata 4707	30	Units	2.166 days
Zapata 4524	20	Units	2.166 days
Zapata 4709	10	Units	2.166 days
Inventory			
Lamina	6960	kgs	5.887 days
Zapata 4515Q	0	Units	-
Zapata 4707	0	Units	-
Inventory			
Lamina	6960	kgs	5.887 days
Zapata 4515P	0	Units	-
Warehouse			
Almacen PT			
Zapata 4515P	500	Units	18.05 days
Zapata 4515Q	300	Units	1.8566 days
Zapata 4707	300	Units	21.66 days
Zapata 4524	300	Units	32.49 days
Zapata 4709	0	Units	-
Zapata 4515P	0	Units	-
Total:Zapata 4515P	708	Units	26 Days
Total:Zapata 4515Q	1,500	Units	9 Days
Total:Zapata 4707	396	Units	29 Days
Total:Zapata 4524	364	Units	39 Days
Total:Zapata 4709	32	Units	7 Days
Total:Lamina	60,240	kgs	51 Days

Transfers	Transfer Time
Push	36.64 mins
Push	19.7 mins
Push	20.5 mins
Push	20.25 mins
Push	2.2 mins
Push	6 mins
Push	2.65 mins
Push	2.2 mins
Push	18.91 mins
Push	38.64 mins
Push	13 mins
Push	9.25 mins
Push	10.45 mins
Transfers Total	3.34 Hrs

Anexo 6. Resumen de resultados del mapa del estado futuro en Leanview

Zapatos Summary Data

Demand Period 21.66 days
Takt Time 1.56 mins

Work Time

Hours Per Day 9.00 hrs
Days Per Week 5.00 days
Days Per Year 250.00 days

General Properties

Map Type Manufacturing
Map State Future State
Customer Name Varios
Product Family Zapatas
Author RS
Produced For Equipo Lean TLM

Master Item List

Top-Level Map (VSM de TLM Entregable futuro celda de manufactura sin kanban.vsd)

Product	Base		Price	Demand	Projected			
	Demand	Units		Factor	Demand			
Zapata 4515Q	3,500	Units	\$ 88.00	1.6	5,600			
Zapata 4515P	600	Units	\$ 92.00	1.6	960			
Zapata 4707	300	Units	\$ 94.00	1.6	480			
Zapata 4524	200	Units	\$ 95.00	1.6	320			
Zapata 4709	100	Units	\$ 97.00	1.6	160			
Raw Material/WIP	Base		Cost	Demand	Projected			
	Demand	Units		Factor	Demand			
Lamina	25,607.80	kgs	\$ 7.86	1.6	40,972.48			
Alambre p/soldar	3.13	Rollos	\$ 346.80	1.6	5.01			
Pintura	0.78	Tambor	\$ 4,413.22	1.6	1.25			
Xilol	0.39	Tambor	\$ 1,548.00	1.6	0.62			
Process Step	Flow Time	Manual Time (MCT)	Auto Time (ART)	People (FTE)	Normal Process Quantity	C/O Time	% Yield	Percent Value Added
Corte Tabla	14.71 secs	10.71 secs	4.00 secs	2.00	1.00	1,800.00 secs	99.9%	50.00%
Rolado	18.00 secs	4.00 secs	14.00 secs	1.00	1.00	1,215.00 secs	99.2%	50.00%
Planchado	23.00 secs	6.00 secs	17.00 secs	1.00	1.00	1,215.00 secs	99.8%	58.16%
Ensamble	28.00 secs	2.00 secs	26.00 secs	1.00	1.00	1,215.00 secs	100%	50.00%
Soldado	28.00 secs	8.00 secs	20.00 secs	1.00	1.00	1,215.00 secs	100%	50.00%
Pulido	56.00 secs	56.00 secs	-	1.00	1.00	600.00 secs	100%	68.38%
Lavado	596.00 secs	146.00 secs	450.00 secs	1.00	10.00	1,080.00 secs	100%	75.46%
Pintado	65.47 secs	65.47 secs	-	2.00	1.00	1,800.00 secs	99.0%	53.09%
Corte Costilla	13.76 secs	8.76 secs	5.00 secs	2.00	1.00	1,800.00 secs	99.0%	29.00%
Perf. Costilla	17.03 secs	11.03 secs	6.00 secs	1.00	1.00	1,800.00 secs	100%	29.00%
Process Total	0.24 hrs	0.09 hrs	0.15 hrs	13.00		3.82 hrs		

Inventory	Qty	Units	Supply
Inventory			
Lamina	19800	kgs	10.4672 days
Zapata 4515P	0	Units	-
Inventory			
Lamina	4039.2	kgs	2.1353 days
Zapata 4515P	0	Units	-
Inventory			
Zapata 4515Q	300	Units	1.1604 days
Zapata 4515P	52	Units	1.1733 days
Zapata 4707	24	Units	1.083 days
Zapata 4524	16	Units	1.083 days
Zapata 4709	8	Units	1.083 days
Inventory			
Zapata 4515Q	198	Units	0.7658 days
Zapata 4515P	34.32	Units	0.7743 days
Zapata 4707	15.84	Units	0.7148 days
Zapata 4524	10.56	Units	0.7148 days
Zapata 4709	5.28	Units	0.7148 days
Inventory			
Zapata 4515Q	247.5	Units	0.9573 days
Zapata 4515P	42.9	Units	0.9679 days
Zapata 4707	19.8	Units	0.8935 days
Zapata 4524	13.2	Units	0.8935 days
Zapata 4709	6.6	Units	0.8935 days
Inventory			
Lamina	4593.6	kgs	2.4284 days
Zapata 4515Q	0	Units	-
Zapata 4707	0	Units	-
Inventory			
Lamina	4593.6	kgs	2.4284 days
Zapata 4515P	0	Units	-
Warehouse	Qty	Units	Supply
Almacen PT			
Zapata 4515P	330	Units	7.4456 days
Zapata 4515Q	198	Units	0.7658 days
Zapata 4707	198	Units	8.9347 days
Zapata 4524	198	Units	13.4021 days
Zapata 4709	0	Units	-
Zapata 4515P	0	Units	-
Total:Zapata 4515P	459.22	Units	10 Days
Total:Zapata 4515Q	943.50	Units	4 Days
Total:Zapata 4707	257.64	Units	12 Days
Total:Zapata 4524	237.76	Units	16 Days
Total:Zapata 4709	19.88	Units	3 Days
Total:Lamina	33,026.40	kgs	17 Days

	Transfer Time
Transfers	
Push	36.64 mins
Push	19.7 mins
Push	6 mins
Push	2.65 mins
Push	2.2 mins
Push	18.91 mins
Push	38.64 mins
Push	13 mins
Push	9.25 mins
Push	10.45 mins
Transfers Total	2.62 Hrs

Bibliografía

Ballou, R. (2004). *Logística: Administración de la Cadena de Suministro* (5ta ed.), Pearson Educación, México.

Bateman, N. (2001). Sustainability. *Lean Enterprise Research Centre Cardiff Business School*. Abril.

Brunet, A.P. and New, S. (2003), "Kaizen in Japan: an empirical study", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 23 No. 12, pp. 1426-46, ISSN 0144-3577.

Cooke, F. (2000). "Implementing TPM in plan maintenance: some organizational barriers", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 17. No. 9. M.C.B. University Press. UK.

Esquivel, Diana. 2003. "Integración de los Sistemas ISO 9000-2000 y Manufactura Esbelta". *Tesis*. ITESM.

Forza, C. (1996). "Work organization en lean production and tradicional plants, hat are the difference?", *Internacional Journal of Operation & Production Management*, Vol. 16. No.2.

Gaither, N.; Frazier, G. and Wei, J. (1990). "From Job Shops to Manufacturing Cells", *Production and Inventory Management Journal*, Fourth Quarter;31,4; ABI/INFORM Global pg. 33

García, P.E. y Reyes, B. (2001). *Metodología de la investigación* (1st ed.), Colección Bachiller, México.

Hernández, R.; Fernández, C. y Baptista, P. (2003). *Metodología de la Investigación* (3rd ed.), Mc Graw Hill, México.

Hinckley, M. (2001). *Make No Mistake!: An Outcome-Based Approach to Mistake-Proofing*, Productivity Press, USA.

Hirano H. (1990). *El JIT. Revolución en las fábricas*, Tecnologías de Gerencia y Producción, Madrid.

Hirano H. (1989). *Manual para la implantación del JIT*, Productivity Press, USA.

Hopp, W. and Spearman, M. (2001). *Factory Physics* (2do ed.). McGraw-Hill, USA.

Lean Enterprise Institute. Publicada el 15 de abril del 2004 from <http://www.lean.org>.

Lewis, M. (2000). "Lean production and sustainable competitive advantage", *Internacional Journal of Operations & Production Management*, Vol. 20. No. 8., M.C.B. University Press, U.K.

Martínez, A. and Pérez, M. (2001). "Lean indicators and manufacturing strategies", *Internacional Journal of Operations & Production Management*, Vol. 21 No. 11, pp 1433-1451, MCB University Press, Spain.

Peterman, M. (2001). "Lean manufacturing and the quality quest". *Tooling and Production*, Vol. 67. Issue 4.

Orlando Software Group inc (2005). Leanview: QuickStar Tutorial. Pg. 1-18

Rangel, J. (2004). "Taller de Manufactura Esbelta". *Diplomado de Lean Production conducido por el Centro de Calidad ITESM*, México.

Shingo, S. (1990). *Tecnologías para el cero defectos*, Productivity Press, USA.

Shingo, S. (1997). *Una revolución en la producción: el sistema SMED* (4ta ed.), Productivity Press, España.

Swanson, C. and Lankford, W. (1998). "Just-in-time manufacturing". *Business Process Management Journal*, Vol. 4. No.4., MCB University Press, USA.

Tapping, D.; Luyster, T. and Shuker, T. (2002). *Value Stream Management*, Productivity Inc., USA.

Vieyra, A. y Rocha, M. (2004). *La Industria Manufacturera en México en el 2003*. Publicada el 12 de Abril from <http://www.banamex.com/esp/esem/>

Waldrip, G. and Soltero, C. (2002). "Using Kaizen to reduce waste and prevent pollution". *Environmental Quality Management*, Spring;11,3;ABI/INFORMGlobal pg. 23

Womack, J.P.; Jones, D.T. and Roos, D. (1990). *The Machine that Changed the World*, Rawson Associates, New York.

Wood, N. (2004). "Lean Thinking: What it is and what it isn't". *Management Services*, Feb, Vol. 48 Iss. 2, ABI/INFORM Global pg. 8.

Wood, N. (2004). "Customer Value: Applying the First Principle of Lean". *Management Services*, Mar, Vol. 48 Iss. 3, ABI/INFORM Global pg. 14.

Wood, N. (2004). "Learning to see: How does your supply chain function?". *Management Services*, April, Vol. 48 Iss. 4, ABI/INFORM Global pg. 16.

Wood, N. (2004). "Make it Flow: Moving from Batch and Queue to Single Piece Flow". *Management Services*, May, Vol. 48 Iss. 5, ABI/INFORM Global pg. 14.

Wood, N. (2004). "What the customer wants: Making at the pull of the customer". *Management Services*, Jun, Vol. 48 Iss. 6, ABI/INFORM Global pg. 16.

Wood, N. (2004). "Making it stick: Sustaining your Improvements". *Management Services*, Jul, Vol. 48 Iss. 7, ABI/INFORM Global pg. 20.