

# **ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**



**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMATICAS**

**DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS**

**PROYECTO DE GRADUACION**

**PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE:**

**“MAGISTER EN CONTROL DE OPERACIONES Y GESTION LOGISTICA”**

**TEMA:**

**“LA PROBLEMÁTICA DE EXCESO DE INVENTARIO EN PROCESO Y HORAS EXTRAS EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE LENTES OFTÁLMICAS: PROPUESTA DE SOLUCIÓN MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE MANUFACTURA ESBELTA.”**

**AUTORES:**

**ING. ELVIS EDDY JORDAN RAMIREZ**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**AÑO**

**2017**

## **DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO**

### **Ing. Elvis Jordán**

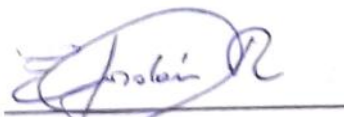
A Dios, por todas sus bendiciones, por darme fuerzas y voluntad para continuar con este arduo camino en mi vida estudiantil y profesional, e iluminar mi mente para llevar a cabo este proyecto.

A mis padres, hermanos, esposa e hijos por ese apoyo incondicional durante toda mi vida, empujándome con sus consejos cuando más lo necesitaba y poder obtener este nuevo título.

## DECLARACIÓN EXPRESA

*“La responsabilidad por los hechos y doctrinas  
Expuestas en este Proyecto de Graduación, así  
Como el Patrimonio Intelectual del mismo,  
Corresponden exclusivamente al ICM (Instituto  
De Ciencias Matemáticas) de la ESCUELA  
SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”*

(Reglamento de graduación de la ESPOL)



Ing. Elvis Jordán Ramírez.


## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



MSc. Guillermo Baquerizo Palma  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



MSc. Victor Vega Chica  
**DIRECTOR DE PROYECTO**



MSc. Pedro Ramos De Santis  
**VOCAL DEL TRIBUNAL**

# TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	vi
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	vii
<b>1. GENERALIDADES</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Descripción del Problema.....	2
1.3 Justificación del Problema.....	3
1.4 Objetivo General.....	3
1.5 Objetivos Específicos.....	3
1.6 Metodología.....	4
1.7 Estructura de la tesis .....	6
<b>2. MANUFACTURA ESBELTA: PRINCIPALES CONCEPTOS</b>	<b>8</b>
2.1 Marco teórico.....	8
2.2 Marco conceptual.....	8
2.2.1 Manufactura esbelta (Lean Manufacturing).....	8
2.2.2 Estructura del sistema de manufactura esbelta.....	10
2.2.3 5 S.....	12
2.2.4 Kaizen.....	13
2.2.5 Smed.....	13
2.2.6 Kanban.....	15
2.2.7 Mantenimiento productivo total TPM.....	16
2.3 Diagnóstico a través de VSM.....	18
<b>3. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL CON VSM</b>	<b>21</b>
3.1 Introducción.....	21
3.2 Descripción del proceso y eficiencia.....	21
3.2.1 Despacho de materia prima.....	22
3.2.2 Tallado.....	23
3.2.3 Lacado.....	23

3.2.4 Antirreflejo.....	24
3.2.5 Biselado.....	25
3.2.6 Control de calidad y empaque.....	25
3.3 Diagnóstico con mapa de flujo de valor (VSM).....	26
3.4 Análisis de la capacidad.....	30
3.5 Análisis de Pareto y causa efecto del lead time.....	34
3.6. Diagrama de recorrido.....	37
<b>4. CASO DE ESTUDIO: APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS</b>	<b>38</b>
<b>DE MANUFACTURA ESBELTA</b>	
4.1 Introducción.....	38
4.2 Aplicación de 5S.....	38
4.3 Aplicación de kanban.....	43
4.3.1 Diseño e implementación del sistema kanban.....	44
4.4 Aplicación de Smed.....	48
4.4.1 Identificar actividades de preparación con sus tiempos.....	49
4.4.2 Etapa preliminar: identificar actividades internas de externas.....	50
4.4.3 Separación de las actividades internas de las externas.....	50
4.4.4 Convertir las actividades de la preparación interna en externas.....	52
4.4.5 Perfeccionar.....	53
4.5 VSM Futuro.....	54
4.6 Resultados obtenidos.....	58
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>59</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>61</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>63</b>
<b>INDICES DE TABLAS</b>	
Tabla 3.1 Análisis de la capacidad utilizada en la planta	33
Tabla 3.2 Pago de horas extras (oct-15 a abr-16)	34
Tabla 4.1 Etapas de implementación de 5 S	40
Tabla 4.2 Plan de ejecución de 5 S en el área de tallado	41

Tabla 4.3 Cronograma de entrenamiento al personal con el sistema kanban	45
Tabla 4.4 Programación de la producción de tallado obtenida en EXCEL	46
Tabla 4.5 Programación de la producción de lacado obtenida en EXCEL	47
Tabla 4.6 Programación de la producción de antirreflejo obtenida en EXCEL	47
Tabla 4.7 Programación de la producción de biselado obtenida en EXCEL	48
Tabla 4.8 Lista de actividades en la preparación interna de la máquina antirreflejo	49
Tabla 4.9 Actividades actuales de las preparaciones internas y externas	51
Tabla 4.10 Conversión de la preparación internas en externa	53
Tabla 4.11 Cuadro comparativo del ahorro alcanzado con el método smed	54
Tabla 4.12 Cuadro demostrativo de las mejoras alcanzadas con manufactura esbelta	58

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de Flujo: metodología utilizada en la investigación	5
Figura 2 Mapa conceptual manufactura esbelta	9
Figura 3 Estructura de una empresa esbelta	10
Figura 4 Adaptación actualizada de la casa Toyota	12
Figura 5 Metodología SMED, fases de implementación	15
Figura 6 Mapa de flujo de valor	20
Figura 7 Cumplimiento de la demanda	22
Figura 8 VSM actual de fabricación de lentes oftálmicas	27
Figura 9.1 Tiempo de ciclos por procesos	29

Figura 9.2 Tiempo de ciclos por procesos vs tiempo Takt	30
Figura 10.1 Unidades talladas por hora vs capacidad	31
Figura 10.2 Unidades lacadas por hora vs capacidad	31
Figura 10.3 Unidades antirreflejo por hora vs capacidad	32
Figura 10.4 Unidades biseladas por hora vs capacidad	32
Figura 10.5 Unidades revisadas por hora vs capacidad	33
Figura 11 Pago de Horas Extras del personal operativo	34
Figura 12 Análisis de Pareto de tiempos de demora	35
Figura 13 Diagrama causa efecto	36
Figura 14 Diagrama de recorrido de la planta	37
Figura 15 Pulimento salpicado en las maquinas, moldes dispersos en toda el área	39
Figura 16 Cajas de producción dispersas en toda el área, papelería e insumos en medio de las máquinas	39
Figura 17 Tarjetas blanca y roja a utilizar en la metodología 5S	42
Figura 18 Preparación de la máquina antirreflejo	51
Figura 19 VSM futuro de fabricación de lentes oftálmicas	56
Figura 20 Tiempo de ciclos mejorados por procesos vs tiempo Takt	57
Figura 21 % de mejoras aplicando manufactura esbelta	58



## **CAPÍTULO 1**

### **1. GENERALIDADES**

#### **1.1 Antecedentes**

La logística de producción es un tema que día a día cobra mayor interés para todo tipo de industria y en cualquier parte del mundo, y esto se debe a la alta competencia. Por ello las empresas han encontrado que pueden hacer de sus procesos productivos una ventaja competitiva que les permite reducir costos y aumentar su nivel de servicio.

El problema básico de la administración de la producción requiere satisfacer al cliente con el producto exacto, con el volumen solicitado, de buena calidad y buen precio, entregado en el menor tiempo posible. Para lograrlo es necesario revisar las operaciones, eliminando procesos o productos que añaden costos en lugar de valor. Cada paso del proceso de fabricación se debe controlar para determinar si añade valor al producto. Si no agrega valor, el proceso podría eliminarse, reducirse, o ser delegado a un subcontratista que otorgue menor costo, con el fin de centrar el personal de operaciones de valor añadido en su negocio principal. El establecimiento de estas operaciones debe estar orientado a generar costos mínimos, de tal forma que al mismo tiempo se cumpla con los niveles de servicio predeterminados para cada empresa.

En el Ecuador, la industria dedicada a la fabricación y comercialización de lentes oftálmicas, cuentan con procesos productivos ineficientes que generan demoras en la fabricación de los productos, y desperdicios en los materiales, en la mano de obra y en las maquinarias, debido a que no se tiene un enfoque integral para reducir al mínimo los desperdicios (actividades que no agregan valor), lo que es de vital importancia para poder brindar un buen servicio a sus clientes. Esto significa la eliminación de exceso de producción y el inventario, el movimiento innecesario de material, de espera, y retrasos sobre el

procesamiento, el exceso de movimiento de los trabajadores, y la necesidad de re-trabajo, re-procesos y correcciones.

Se considera entonces que con este proyecto se contribuirá a mejorar el proceso productivo, eliminando todas las actividades que no agregan valor al producto, reducir los desperdicios y mejorar las operaciones para no perder ventas por atrasos en los tiempos de entrega. Con la aplicación de manufactura esbelta, se pretende subir el nivel de servicio y también mejorar el indicador de las entregas a tiempo.

## **1.2 Descripción del problema**

Actualmente, la empresa en estudio ha encontrado deficiencias en el sistema productivo, lo cual ocasiona pérdida de ventas por alargar los tiempos de entrega establecidos, generando pérdidas económicas y la no satisfacción de sus clientes. Esto debido a que las decisiones para el cumplimiento de sus pedidos y el mejoramiento de sus procesos, son tomadas de forma empírica, basándose únicamente en la experiencia personal de los gerentes sin considerar los altos costos que incurren, como es la realización de horas extras para cumplir con los pedidos, además de afectar el nivel de servicio, el mismo que se encuentra en el 79% según la “encuesta de satisfacción de clientes” y las entregas a tiempo el cual se encuentra en el 85% según el indicador de la empresa de estudio, en su estadístico de los últimos 12 meses.

El problema de incumplimiento con las entrega de pedidos en la empresa en estudio se lo puede resolver identificando los desperdicios de la cadena de valor en la línea de producción y determinar las herramientas apropiadas de manufactura esbelta que ayude a su eliminación. Se espera que la empresa en estudio utilice las recomendaciones de este proyecto ajustando su sistema de producción en base a la filosofía de manufactura esbelta para aumentar la productividad y calidad de sus productos, reduciendo el tiempo de ciclo, niveles de inventario, costos y esfuerzo humano.

### **1.3 Justificación del Problema**

El problema de desperdicios (inventarios excesivos, horas extras, actividades que no agregan valor, mala calidad) se originan porque no existe un procedimiento formal de la planeación de la producción generando pérdidas de ventas por no entregar a tiempo los pedidos (\$200.000 perdidos en el 2015), afectando el nivel de servicio de la empresa y la fidelización de los clientes, ya que por no satisfacer su demanda necesariamente buscan otro proveedor.

En la actualidad es muy difícil sobrevivir a las exigencias del mercado, solo lo logran aquellas empresas que pueden satisfacer la demanda de todos sus clientes, y la metodología de manufactura esbelta nos enseña a optimizar los recursos de la empresa mediante la eliminación planeada de todo tipo de desperdicio, el respeto por el trabajador y la mejora consistente de productividad y calidad, el uso de estas herramientas ocasionará que la empresa en estudio sepa utilizar sus ventajas competitivas dentro del mercado.

### **1.4 Objetivo General**

Diseñar propuesta de manufactura esbelta para solucionar la problemática de exceso de inventario en proceso y horas extras, en una empresa de fabricación de lentes oftálmicas.

### **1.5 Objetivos Específicos**

- Identificar desperdicios en los procesos productivos de fabricación de lentes oftálmicas.
- Rediseñar el estado actual de las actividades del proceso productivo mediante el mapeo del flujo de valor que permitan disminuir el inventario en proceso y las horas extras.

LA PROBLEMÁTICA DE EXCESO DE INVENTARIO EN MAESTRIA EN CONTROL DE OPERACIONES Y GESTIÓN  
PROCESO Y HORAS EXTRAS EN UNA EMPRESA LOGÍSTICA.  
PRODUCTORA DE LENTES OFTÁLMICAS: PROPUESTA DE  
SOLUCIÓN MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE  
MANUFACTURA ESBELTA.

- Generar una cultura organizacional basada en manufactura esbelta que involucre a toda la organización, logrando una mejora significativa en el proceso de planeación de la producción y materiales.

## **1.6 Metodología**

La metodología a utilizar en la investigación de este proyecto se puede apreciar en la figura 1, detallada a continuación:

LA PROBLEMÁTICA DE EXCESO DE INVENTARIO EN MAESTRIA EN CONTROL DE OPERACIONES Y GESTIÓN  
PROCESO Y HORAS EXTRAS EN UNA EMPRESA LOGÍSTICA.  
PRODUCTORA DE LENTES OFTÁLMICAS: PROPUESTA DE  
SOLUCIÓN MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE  
MANUFACTURA ESBELTA.

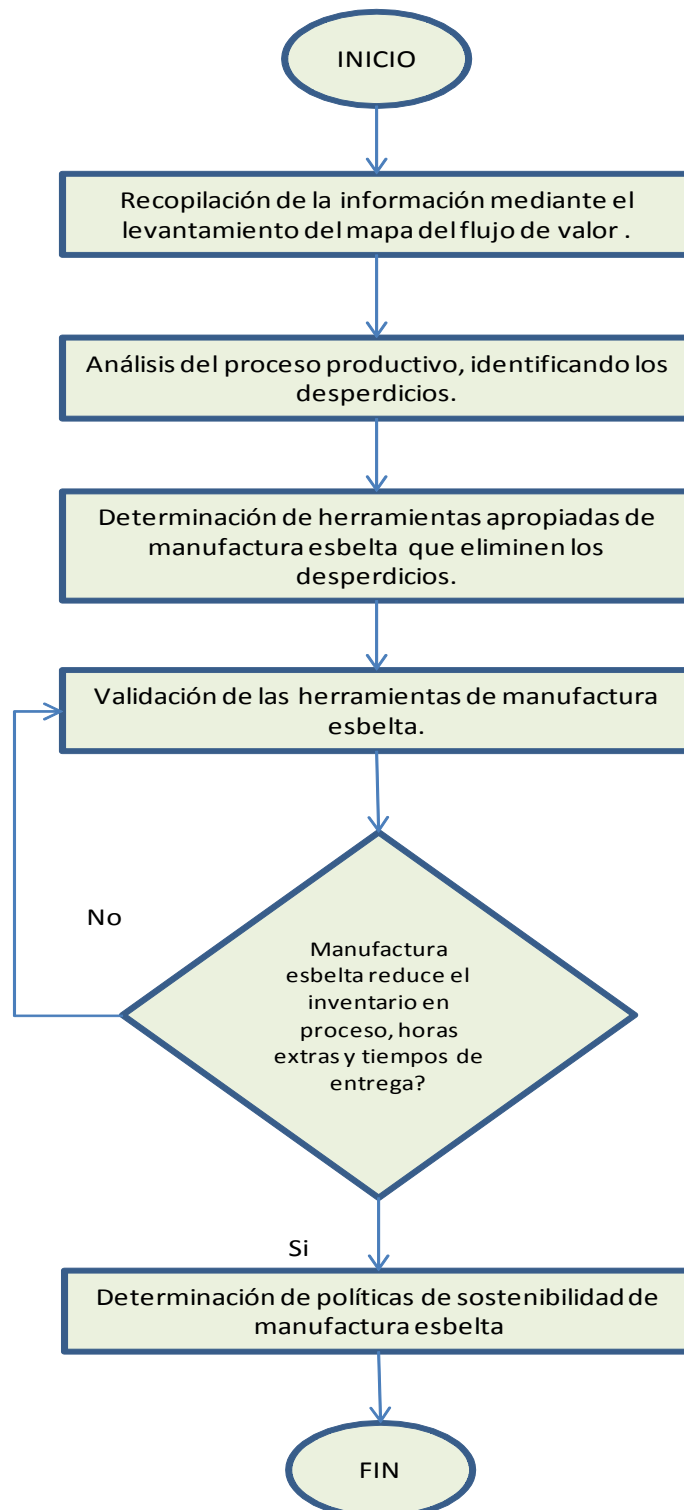


Figura1. Diagrama de Flujo: metodología utilizada en la investigación

El procedimiento es el siguiente:

1. Recopilación de información mediante el levantamiento del mapa del flujo de valor, determinando la situación actual de la empresa en estudio, verificando inventario en proceso, horas extras, el flujo de la información y el flujo de los materiales.
2. Análisis del proceso productivo, identificando los desperdicios en el mapa de flujo de valor, determinando todas las actividades que no agregan valor al producto, tales como movimientos innecesarios, inventario en procesos, horas extras.
3. Determinación de herramientas apropiadas de manufactura esbelta que eliminen los desperdicios, teniendo en cuenta los principios de cada una de las herramientas y las características de los desperdicios prioritarios identificados, se concluye que las herramientas a utilizar para cada desperdicio.
4. Validación de resultados obtenidos con las herramientas de manufactura esbelta, confirmando que satisfagan los requerimientos del sistema y que representen una mejoría con respecto a la situación actual de la empresa en estudio, reduciendo la utilización de las horas de trabajo, reduciendo el inventario en proceso, aumentando la tasa de producción, calidad de los productos y las entregas a tiempo.
5. Elaborar un plan de sostenibilidad del proyecto que deberá seguir la empresa en estudio para mantener la filosofía que ofrece manufactura esbelta asegurando su competitividad.

## **1.7 Estructura de la tesis**

Para el desarrollo del presente proyecto de investigación se llevarán a cabo las siguientes fases:

## **Fase 1: Análisis de la situación actual mediante mapa de flujo de valor.**

Consiste en la recopilación de los datos para tener un conocimiento claro sobre el flujo de producción y estar familiarizado con las actividades que se realizan en la empresa, identificado cada proceso de operación que se efectúe desde la materia prima hasta el producto terminado, levantando el flujo de información (comunicación con los proveedores, clientes, y controles de las órdenes de producción) y el flujo de materiales, determinando los sitios donde los inventarios se almacena entre los procesos, y observar cómo el material fluye de una operación a otra. Además, realizar mediciones individuales para determinar el tiempo de ciclo en cada proceso.

Una vez obtenidos los datos trazar el mapa de flujo de valor del estado actual de la cadena, identificando los desperdicios de tiempo, transporte, material, espacio y personas en el proceso productivo.

## **Fase 2: Determinación de uso de herramientas de manufactura esbelta.**

Una vez encontrados los desperdicios en la cadena de valor, determinar las herramientas de manufactura esbelta apropiadas que nos lleven a la eliminación de los mismos y mejora del proceso productivo en la fabricación de lentes oftálmicas.

## **CAPÍTULO 2**

### **2. MANUFACTURA ESBELTA: PRINCIPALES CONCEPTOS**

#### **2.1 Marco teórico.**

El marco teórico está relacionado a la investigación de libros, revistas, artículos correspondientes al tema del proyecto, en el cual se utilizarán las herramientas apropiadas para fundamentar el proyecto.

#### **2.2 Marco conceptual.**

##### **2.2.1 Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing).**

El término Lean (esbelta) fue creado por un grupo de estudio del Massachussets Institute of Technology para estudiar a nivel mundial los métodos de manufactura de las empresas de la industria automotriz (Womack, Jones y Ross,1990). El grupo destacó las ventajas de manufactura del mejor fabricante en su clase (la empresa automotriz japonesa Toyota) y denominó como Lean Manufacturing al grupo de métodos y técnicas que había utilizado desde la década de los años sesenta y que posteriormente se afinó en la década de los setenta con la participación de Taiichi Onho y Shigeo Shingo, con objeto de minimizar el uso de recursos a través de la empresa para lograr la satisfacción del cliente, reflejado en entregas oportunas de la variedad de productos solicitada y con tendencia a los cero defectos, mejorando notablemente la flexibilidad en los procesos [1].

A continuación mediante un mapa conceptual se demuestra cual es la operación de la Manufactura Esbelta.



LA PROBLEMÁTICA DE EXCESO DE INVENTARIO EN PROCESO Y HORAS EXTRAS EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE LENTES OFTÁLMICAS: PROPUESTA DE SOLUCIÓN MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE MANUFACTURA ESBELTA. MAESTRIA EN CONTROL DE OPERACIONES Y GESTIÓN LOGÍSTICA.



Figura 2. Mapa conceptual manufactura esbelta. Equipo de profesores ESADE (2004)

Su principal objetivo es eliminar los desperdicios o mudas en los procesos, eliminando todas las actividades que no agregan valor al producto, reduciendo el tiempo total transcurrido (Lead time), dando más flexibilidad y eficiencia a los procesos, mejorando los tiempos de repuestas para cualquier variación en la demanda.

La aplicación de esta metodología, requiere de un cambio en la cultura organizacional donde los operarios y gerentes se deben alinear a cada una de las técnicas de manufactura esbelta, involucrándose de lleno para llegar a los resultados esperados en la organización. Los desperdicios como inventario,

tiempo de esperas, tiempo de inactividad de la máquina, sobreproducción, etc., son eliminados cuando se ejecuta correctamente las herramientas de manufactura esbelta, siendo la herramienta 5S la base para la aplicación de las demás herramientas de lean.

(Taiicho Ohno, 1970) indicaba que "Mi mayor contribución fue construir un sistema de producción que pudiera responder sin despilfarros a los cambios de mercado y qué adicionalmente, por su propia naturaleza redujera los costos" , con esta cita se muestra a continuación las herramientas utilizadas dentro de la manufactura esbelta en la siguiente figura.

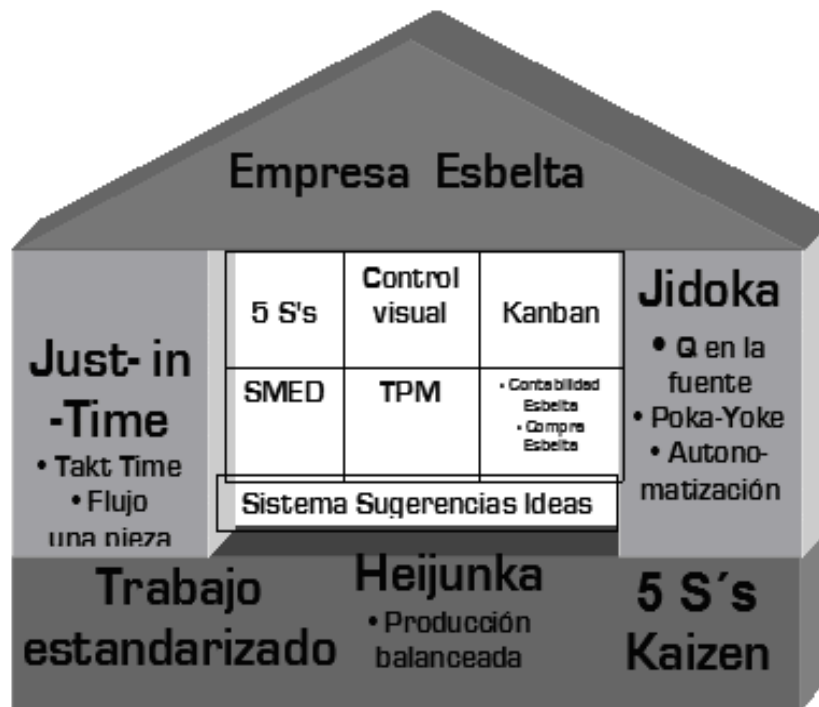


Figura 3. Estructura de una empresa esbelta. Taiicho Ohno (1970)

### 2.2.2 Estructura del sistema de manufactura esbelta

En el trabajo de investigación de Hernández J, Vizán A, ( 2013) indica que la estructura de manufactura esbelta es un sistema con muchas dimensiones que incide especialmente en la eliminación del desperdicio mediante la aplicación

de técnicas de mejoras. Lean supone un cambio cultural en la organización empresarial con un alto compromiso de la dirección de la compañía que decida implementarlo. En estas condiciones es complicado hacer un esquema simple que refleje los múltiples pilares, fundamentos, principios, técnicas y métodos que contempla y que no siempre son homogéneos teniendo en cuenta que se manejan términos y conceptos que varían según la fuente consultada. Indicar, en este sentido, que los académicos y consultores no se ponen de acuerdo a la hora de identificar claramente si una herramienta es o no lean. El techo de la casa está constituido por las metas perseguidas que se identifican con la mejor calidad, el más bajo costo, el menor tiempo de entrega o tiempo de maduración (Lead-time). Sujutando este techo se encuentran las dos columnas que sustentan el sistema: JIT y Jidoka. El JIT, tal vez la herramienta más reconocida del sistema Toyota, significa producir el artículo indicado en el momento requerido y en la cantidad exacta. Jidoka consiste en dar a las máquinas y operadores la habilidad para determinar Lean manufacturing [2].

En este proyecto de tesis utilizaremos las herramientas tales como 5s, SMED, Kanban, y cada una de ellas tiene su manera de aplicarse, las mismas son parte de la metodología de manufactura esbelta.

LA PROBLEMÁTICA DE EXCESO DE INVENTARIO EN PROCESO Y HORAS EXTRAS EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE LENTES OFTÁLMICAS: PROPUESTA DE SOLUCIÓN MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE MANUFACTURA ESBELTA. MAESTRIA EN CONTROL DE OPERACIONES Y GESTIÓN LOGÍSTICA.

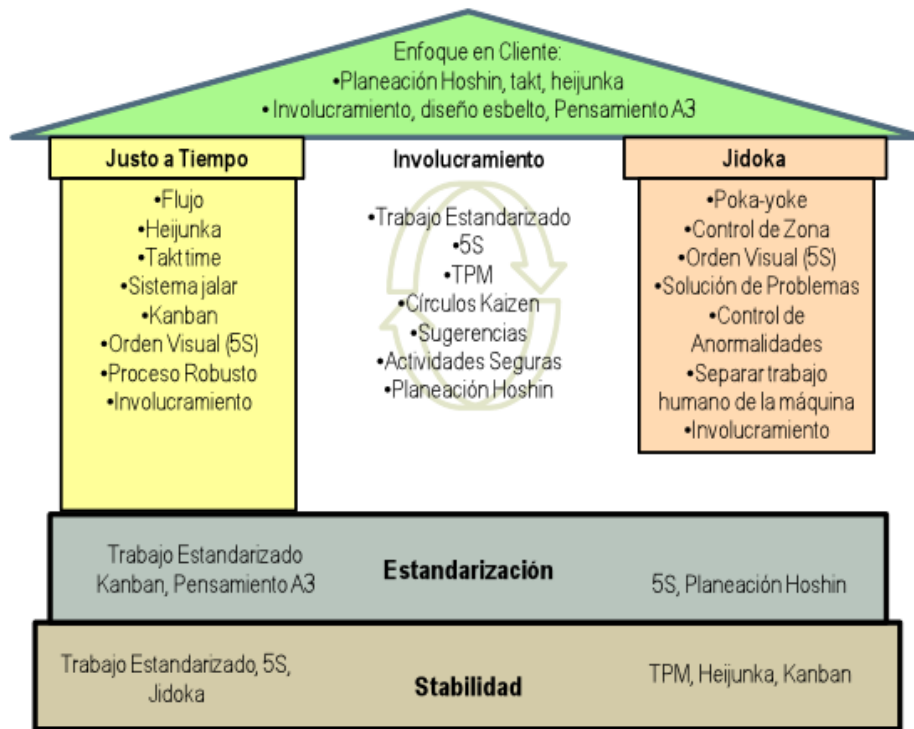


Figura 4. Adaptación actualizada de la casa Toyota. Dennis (2002). esbelta. Taiicho Ohno (1970)

### 2.2.3 5S

Esta herramienta es una metodología que está formada por 5 palabras japonesas que inician con la letra S: Seiri (organización), Seiton (orden), Seiso (limpieza), Seiketsu (estandarización), Shitsuke (disciplina) y busca optimizar los procesos mediante una cultura disciplinaria de mayor productividad, renovando el lugar de trabajo, haciéndolo confortable, reduciendo desperdicios y costos operacionales mejorando los métodos de trabajo, aumentando la disponibilidad de los recursos y subiendo el autoestima del personal.

A continuación describiremos los 5 pasos de estas herramientas:

- **Seiri (organización)**, se encarga de retirar todo lo que no se utiliza en las áreas de trabajo, se identifica con una tarjeta blanca lo que está en

duda de utilizar y con una tarjeta roja lo que no se va a utilizar, separándolo en un área asignada para su posterior revisión.

- **Seiton (orden)**, busca tener un lugar asignado para cada cosa, y cada cosa debe estar en su lugar, arreglar, ordenar el lugar de trabajo.
- **Seiso (limpieza)**, mantener siempre limpias las áreas de trabajo, por lo que se debe disponer de los insumos necesarios para este fin.
- **Seiketsu (estandarización)**, levantar políticas y procedimientos para controlar y asegurar el cumplimiento de la organización, orden y limpieza,
- **Shitsuke (disciplina)**, se encarga de hacer un hábito el cumplimiento de los pasos anteriores, cumplir más por costumbre que por procedimientos.

#### **2.2.4 Kaizen (respeto por el trabajador).**

Esta herramienta está focalizada a la mejora continua en los procesos por medio del capital humano, respeto y estimulación al trabajador. Se conforma de cuatro pasos: involucrar al personal a participar con ideas de mejora, motivarlos a realizar propuestas, revisión, evaluación y guía de las propuestas, y reconocimiento, premiación al personal por logros alcanzados y continuar con el círculo de las mejoras.

#### **2.2.5 Smed**

Esta herramienta la utilizaremos para reducir los tiempos de preparación en las máquinas o líneas de producción. El método fue denominado por su autor (Shingo, 1985) como “Cambio de dados en menos de diez minutos” o “Single Minute Exchange of Die” (SMED), cuyo objetivo es hacer efectivamente los cambios de herramientas en menos de 10 minutos.

(Shingo, 1985), comprendió que en todo proceso de cambio o preparación de maquinaria existen dos tipos de operaciones:

- Operaciones que se podían realizar con la máquina en funcionamiento, aun encontrándose fabricando piezas del lote anterior sin alterar su productividad, a estas operaciones (Shingo, 1985) denominó operaciones externas.
- Y operaciones que solo se podían realizar con la máquina parada, sin producir piezas del lote anterior, a estas operaciones (Shingo, 1985) denominó operaciones internas.

De esta perfeccionó el smed dividiéndolo en cuatro etapas conceptuales:

- **Etapla preliminar**, que consiste en estudiar el método actual de cambio o preparación, realizando mediciones de tiempos y movimientos con una toma de datos objetiva.
- **Primera etapa. Separar tareas internas y externas**, en esta parte es necesario separar todas las actividades que se pueden realizar con la máquina en funcionamiento (operaciones internas) y las que se pueden llevar a cabo solo parando la máquina (operaciones externas).
- **Segunda etapa. Convertir tareas internas en externas**, en casi todos los casos que han aplicado la primera etapa el tiempo que logra reducir es mínimo y para poder reducir más el tiempo de preparación se debe replantear la necesidad de convertir algunas operaciones internas en externas, de manera que se puedan ejecutar con la máquina en funcionamiento. Esto se logra mejorando los métodos de trabajo o adquiriendo herramientas o insumos para este fin.
- **Tercera etapa. Mejorar todas las tareas**, aquí se deben perfeccionar todas las actividades de cambio o preparación, tanto las externas como

las internas. Se recomienda hacer un círculo de mejora con las cuatro etapas del SMED para así poder estar cada vez más cerca de la perfección, se aplica la estandarización de procedimientos y herramientas [3].

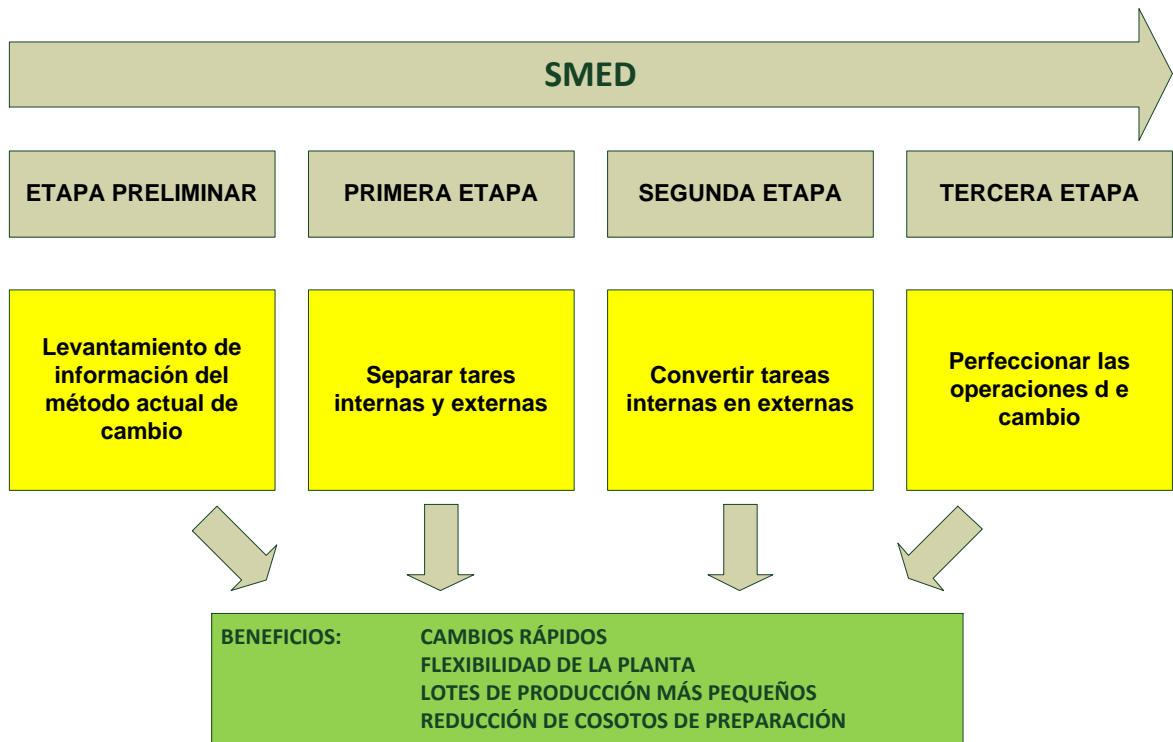


Figura 5. Metodología SMED, fases de implementación.

### 2.2.6 Kanban.

Su significado es tarjeta, proporciona una señal como información para producir y recoger, transportar productos; evita producir en exceso sólo por ocupar los equipos; sirve como orden de trabajo para los operadores; evita que se avancen productos defectuosos al siguiente nivel de ensamble; revela la existencia de problemas y sirve como control de los inventarios (Ohno, 1998).

Esta herramienta es de vital importancia para la administración del piso de producción, permitiendo reducir el inventario en proceso con lotes pequeños de producción, fabricando solo necesario, solo lo que se va a vender haciendo

más eficiente el tránsito de la planta. Cada operación de la planta puede ser disparada por el uso en la operación siguiente y donde se podría utilizar una tarjeta kanban (o alguna otra señal) para autorizar la producción adicional. El número de kanbans es importante en la producción, demasiados producen excesos de inventario de trabajo en proceso, mientras que muy pocos conducen a desabastecimientos en el piso de producción. La señalización kanban puede ser una tarjeta, una cinta, una alarma o una señalización en el piso de producción, esto se acoge de acuerdo a la necesidad de la empresa y para calcular el número de kanbans puede utilizarse la fórmula de Toyota [4].

#### Número total de kanban

$$= \frac{\text{demanda media} * \text{plazo de entrega} * (1 + \text{coeficiente de seguridad})}{\text{Capacidad del contenedor}}$$

El coeficiente de seguridad es un porcentaje de inventario o amortiguador, para que la siguiente área no quede desabastecida por cualquier eventualidad en la planta.

Para que la gestión del flujo Kanban funcione, se tienen que cumplir unas reglas muy estrictas por parte de todos los trabajadores:

- No enviar productos defectuosos al siguiente proceso.
- El proceso siguiente es el que retira los productos necesarios y deja la señalización kanban.
- Producir solo la cantidad retirada por el proceso siguiente.
- El kanban estabiliza el proceso de producción [5].

### 2.2.7 Mantenimiento Productivo total TPM.

El Mantenimiento Productivo Total TPM (Total Productive Maintenance) es un conjunto de técnicas orientadas a eliminar las averías a través de la participación y motivación de todos los empleados. La idea fundamental es que



la mejora y buena conservación de los activos productivos es una tarea de todos, desde los directivos hasta los ayudantes de los operarios. Para ello, el TPM se propone cuatro objetivos:

- Maximizar la eficacia del equipo.
- Desarrollar un sistema de mantenimiento productivo para toda la vida útil del equipo.
- Implicar a todos los departamentos que planifican, diseñan, utilizan o mantienen los equipos.
- Implicar activamente a todos los empleados, desde la alta dirección hasta los operarios, incluyendo mantenimiento autónomo de empleados y actividades en pequeños grupos.

En estas condiciones, la implantación TPM requiere una metodología adecuada a las características de la empresa y sobre todo, formación de las personas. De una forma esquemática, el proceso de implantación TPM se puede desplegar en las siguientes fases:

- **Fase preliminar**

En una fase preliminar es necesario modelizar la información relacionada con mantenimiento, identificando y codificando equipos, averías y tareas preventivas.

- **Fase 1.-** Volver a situar la línea en su estado inicial

El objetivo debe ser dejar la línea en las condiciones en las que fue entregada por parte del proveedor el día de su puesta en marcha: limpia, sin manchas de aceite, grasa, polvo, libre de residuos, etc.

- **Fase 2.- Eliminar las fuentes de suciedad y las zonas de difícil acceso**

Una fuente de suciedad (fugas de aire o de aceite, caídas de componentes, virutas de metal, etc.) es aquel lugar en el que, aunque se limpie continuamente, sigue generando suciedad.

- **Fase 3.- Aprender a inspeccionar el equipo**

Para el proceso de implantación del TPM es fundamental que el personal de producción, poco a poco, se vaya encargando de más tareas propias de mantenimiento, hasta

- **Fase 4.- Mejora continua**

En este paso los operarios de producción realizan las tareas de TPM de forma autónoma, se hacen cargo de las técnicas necesarias y proponen mejoras en las máquinas que afecten a nuevos diseños de línea. Los responsables verifican los esfuerzos para mejorar los procedimientos de mantenimiento preventivo y supervisan sus actividades orientadas a elevar la rentabilidad económica de la planta [6].

## **2.3 Diagnóstico a través de VSM**

Antes de aplicar cualquier herramienta de manufactura esbelta será de vital importancia realizar un diagnóstico de la situación actual de la empresa en estudio, y este se puede resumir en un Mapa de Cadena de Valor o Value Stream Mapping (VSM por sus siglas en inglés). El mapa de la cadena de valor es un modelo gráfico que representa la cadena de valor, tomando en cuenta el flujo de materiales y de información en cada proceso, desde el proveedor hasta el cliente mostrando una radiografía de la empresa. El VSM es una herramienta valiosa para desarrollar procesos esbeltos tiene por objetivo plasmar en un documento, de una manera sencilla y entendible, todas las actividades productivas para identificar la cadena de valor y detectar, a nivel global, donde se producen los mayores desperdicios del proceso.

El VSM facilita de forma visual, la identificación de las actividades que no agregan valor al producto o al negocio con el fin de eliminarlas y ganar en eficiencia. Es una herramienta sencilla que permite una visión panorámica de toda la cadena de valor. Actualmente existen en el mercado diferentes programas de software que facilitan el mapeo como es el Microsoft Visio. Se ha creado la siguiente secuencia para la buena aplicación de la metodología y poder detectar las oportunidades de mejora [7]

- Elegir a la familia de productos en estudio.
- Mapeo del estado inicial de la empresa
- Identificación de los desperdicios, determinación de las herramientas de manufactura esbelta a utilizar.
- Mapeo del estado futuro de la empresa con las mejoras implementadas.

Al final del día debe ser evidente la reducción del lead time y reducción de los tiempos de entrega como buen síntoma que las herramientas escogidas para las mejoras fueron eficientes para la eliminación de los desperdicios.

LA PROBLEMÁTICA DE EXCESO DE INVENTARIO EN PROCESO Y HORAS EXTRAS EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE LENTES OFTÁLMICAS: PROPUESTA DE SOLUCIÓN MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE MANUFACTURA ESBELTA. MAESTRIA EN CONTROL DE OPERACIONES Y GESTIÓN LOGÍSTICA.

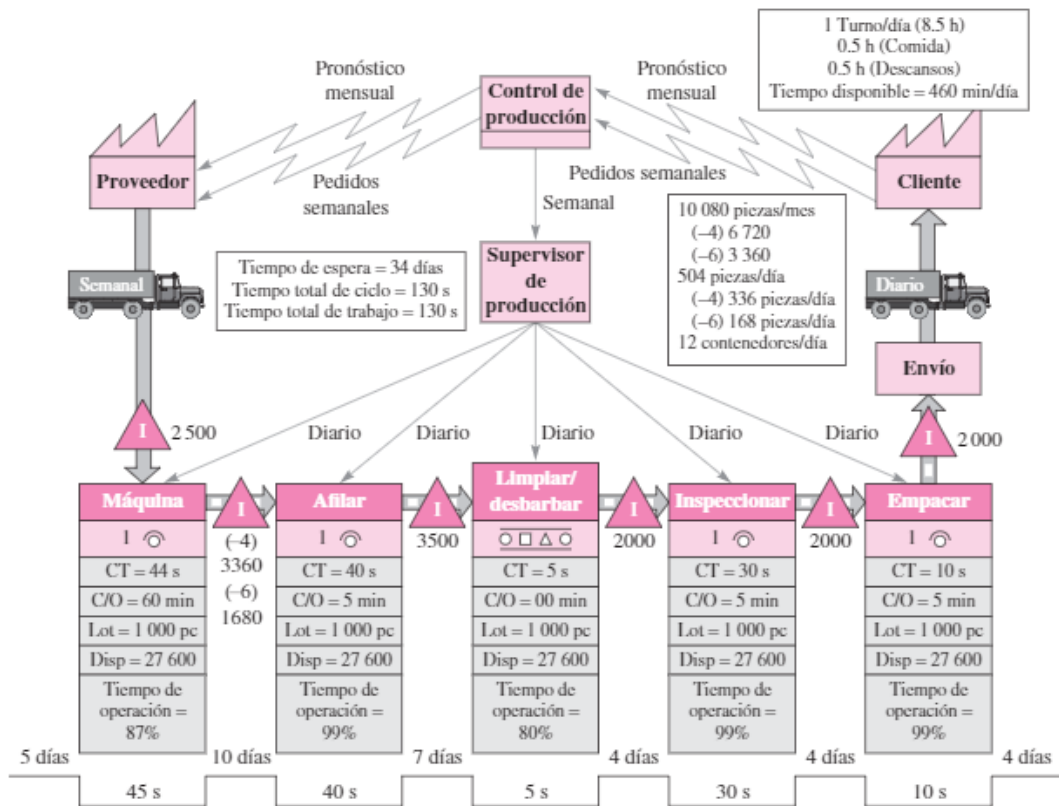


Figura 6. Mapa de flujo de valor. (Chase R., 2014).

En el anexo 1 se muestra la simbología utilizada en el VSM, para mejor entendimiento del mapa actual y del mapa futuro.

## **CAPÍTULO 3**

### **3. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL CON VSM.**

#### **3.1. Introducción**

En este capítulo se va a identificar los desperdicios o mudas que generan el exceso de inventario en proceso y horas extras en la producción de lentes oftálmicas, para ello es importante mencionar cada una de las áreas de trabajo y tomar los tiempos de ciclo, preparación, tiempo de ocupación, inventario observado de cada uno de sus procesos, para levantar el mapa de flujo de valor, el cual nos ayudará a determinar los factores críticos, tales como capacidad, recursos, demanda, dentro de los más importantes.

Posteriormente se identificará los principales problemas del proceso y se determinará las potenciales oportunidades de mejora, en función de técnicas de manufactura esbelta para la solución de problemas.

#### **3.2. Descripción del proceso y eficiencia.**

La empresa en estudio no tiene ningún tipo de planeación técnica de la producción, todas las decisiones se las toman de forma empírica en base a la experiencia o criterio del Gerente de Producción, causando que la jefatura esté constantemente resolviendo problemas operativos, tomando acciones correctivas y no dedica el tiempo suficiente para la planeación.

Los métodos de trabajo no son los más adecuados, no existe un estándar establecido para cada una de las operaciones del proceso productivo, se desconoce las operaciones críticas de las cuales depende la reducción de desperdicios, y las que se conocen no se realizan los esfuerzos necesarios de planeación para mejorar el área.

Esto ocasiona que se den atrasos en los pedidos de los clientes, manteniendo un bajo cumplimiento de entrega, quitándole flexibilidad para responder a pedidos urgentes.

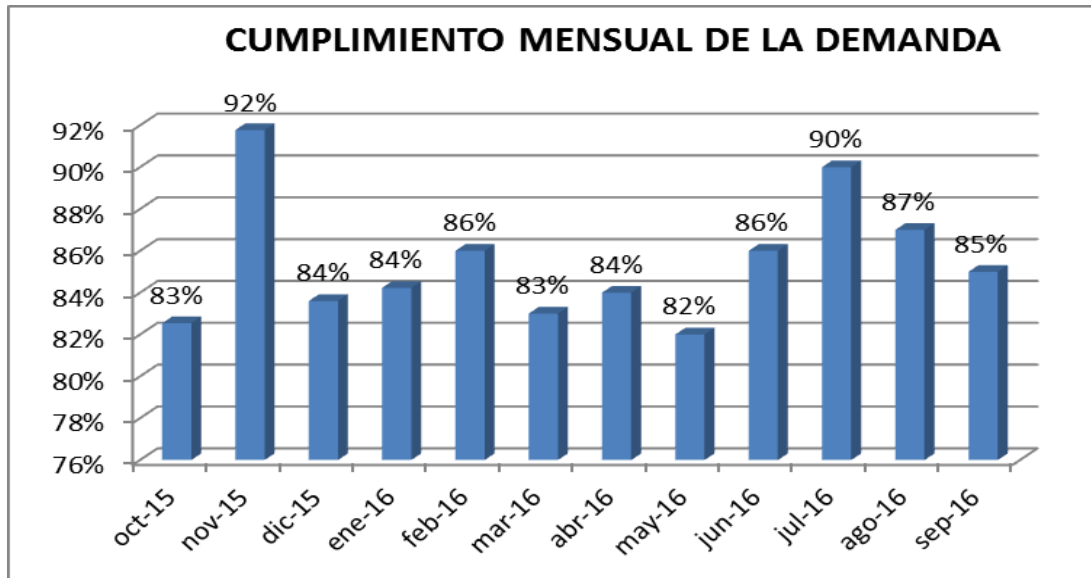


Figura 7. Cumplimiento de la demanda

Por esa razón describiremos el proceso de fabricación de lentes oftálmicas con sus respectivos tiempos tomados en la planta, para determinar los desperdicios más críticos para luego asignar una solución.

### 3.2.1 Despacho de materia prima.

El proceso de fabricación inicia con la recepción de la orden de trabajo en la bodega, la cual se encuentra en el sistema Cadillac. La orden de trabajo es subida en el punto de venta (ópticas), bodega procede a grabar la orden y se despacha la materia prima requerida en una caja de producción junto con la impresión de la OT y saca la caja al área de tallado.

El promedio mensual de despacho es de 1150 órdenes de trabajo (2300 unidades). Esta actividad la realizan 2 personas en jornada laboral de 9 horas diarias.

Aquí determinamos que nuestra demanda diaria es de 2300 unidades y dividimos esto para 22 días laborables para calcular nuestra demanda diaria obteniendo 104 unidades, dato que nos servirá para calcular nuestro tiempo takt.

### **3.2.2 Tallado.**

En este proceso se tallan las bases despachadas por bodega según la receta descrita en la orden de trabajo, aquí se obtiene la medida requerida por el usuario final. Sus tiempos son los siguientes:

**Operarios:** 4

**Tiempo de ciclo:** 11 min = 360 seg

**Tiempo de preparación:** 8 min = 480 seg

**Tiempo de Ocupación:** 65%

**Tiempo disponible:** 7.5 horas = 27000 seg

**Inventario observado:** 80 unidades

Como podemos observar la ocupación de esta área es del 65%, sin embargo se observa que se generan horas extras e inventario en los subprocesos de afinado y pulido, porque se forman cuellos de botella al no tener a la mano y de forma ordenada las herramientas e insumos a utilizar en el proceso, y para poder compensar la demanda se asignan más horas de trabajo. En esta área el turno es de 9 horas, sin embargo se utilizan 7,5 debido a la limpieza y calibración de máquinas que es necesario realizar antes de arrancar la producción.

### **3.2.3 Lacado.**

Este proceso consiste en colocar tratamientos de endurecimiento en la cara interna del lente donde fue tallado, con el objetivo de que las lentes no se rayen con facilidad, aquí no se forman cuellos de botellas pero si tiempos de espera, pues es esta área debe estar abastecida por el área de tallado.

A continuación describimos sus tiempos del proceso:

**Operarios: 1**

**Tiempo de ciclo:** 1,5 min = 90 seg

**Tiempo de preparación:** 0,5 min = 30 seg

**Tiempo de Ocupación:** 54%

**Tiempo disponible:** 8.5 horas = 30600 seg

**Inventario observado:** 0 unidades

A pesar de su 54% de ocupación se generan horas extras por tener que esperar ser abastecida por el área de tallado. Se trabaja en turnos de 9 horas pero se utiliza 0,5 horas para la preparación de la máquina.

### **3.2.4 Antirreflejo**

Este proceso consiste en colocar una capa de protección anti-reflejante en ambas caras de la lente, con el objetivo de reducir el deslumbramiento y halos molestos en las lentes. Sus tiempos son los siguientes:

**Operarios: 2**

**Tiempo de ciclo:** 6 min + 40 seg = 400 seg

**Tiempo de preparación:** 6 min + 40 seg = 400 seg

**Tiempo de Ocupación:** 56%

**Tiempo disponible:** 8 horas = 28800 seg



**Inventario observado:** 70 unidades

La ocupación de esta área es del 56%, sin embargo se observa que se generan horas extras debido a que debe esperar ser abastecida por el proceso anterior. En esta área el turno es de 9 horas, sin embargo se utilizan 8 debido a la limpieza y calibración de máquina que es necesario en este proceso.

### **3.2.5 Biselado**

El proceso de biselado consiste en cortar el lente en la forma exacta del armazón y montarlo bajo los parámetros técnicos solicitados en la orden de trabajo, alinearlos en forma adecuada comprobando que las lentes tengan la medida requerida por el usuario final. Sus datos son los siguientes:

**Operarios:** 4

**Tiempo de ciclo:** 5 min = 300 seg

**Tiempo de preparación:** 1 min = 60 seg

**Tiempo de Ocupación:** 64%

**Tiempo disponible:** 8 horas = 28800 seg

**Inventario observado:** 40 unidades

En este proceso también se generan tiempos improductivos, al esperar que sea abastecido por las demás áreas. Se trabaja en turno de 9 horas y se utiliza 1 hora en limpieza y calibración de máquinas.

### **3.2.6 Control de calidad y empaque**

Este proceso se realiza de forma manual y consiste en revisar que las lentes cumplan con las especificaciones solicitadas en la orden, tales como las medidas, alturas y materiales. Verificados estos parámetros proceden a empacarlos de par en par para enviarlos al cliente. Los datos tomados en esta actividad son los siguientes:

**Operarios: 1**

**Tiempo de ciclo:** 2 min = 120 seg

**Tiempo de preparación:** 20 seg

**Tiempo de Ocupación:** 95%

**Tiempo disponible:** 8,5 horas = 30600 seg

**Inventario observado:** 0 unidades

Este proceso tiene un alto porcentaje de ocupación, se trabaja en turno de 9 horas y por ser manual el proceso no se pierde tiempo en la calibración y se utiliza 0,5 horas para la limpieza del área de trabajo.

### **3.3 Diagnóstico con mapa de flujo de valor (VSM).**

Una vez tomado los datos del proceso productivo procedemos a elaborar nuestro mapa de flujo de valor para así identificar los desperdicios, revisando el flujo de materiales y el flujo de información.

Como mencionamos anteriormente nuestra demanda mensual es de 2300 unidades y tenemos 22 días disponibles al mes, se trabaja en la planta en 1 solo turno de 9 horas laborables.

LA PROBLEMÁTICA DE EXCESO DE INVENTARIO EN PROCESO Y HORAS EXTRAS EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE LENTES OFTÁLMICAS: PROPUESTA DE SOLUCIÓN MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE MANUFACTURA ESBELTA.

MAESTRIA EN CONTROL DE OPERACIONES Y GESTIÓN LOGÍSTICA.

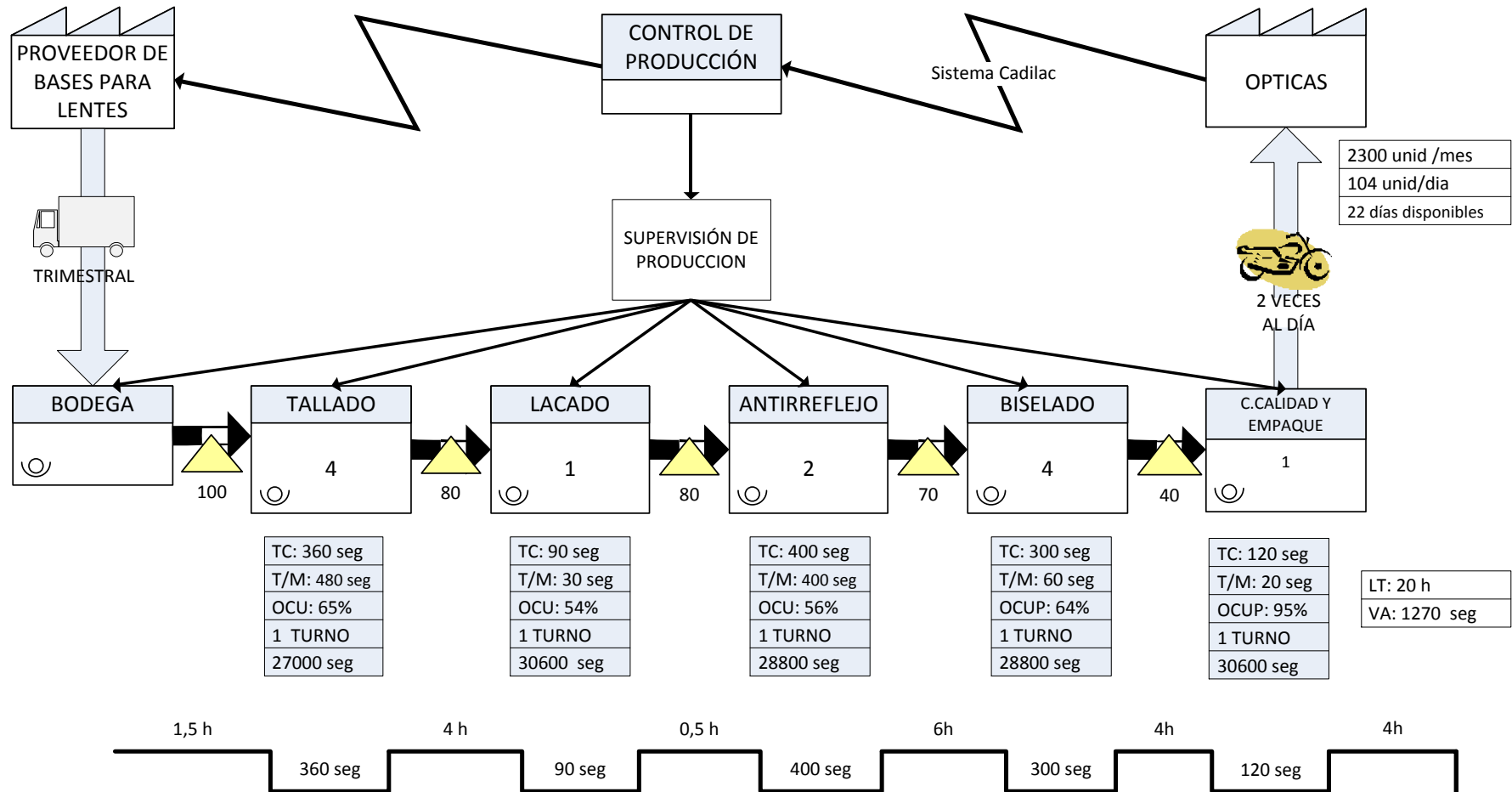


Figura 8. VSM actual de fabricación de lentes oftálmicas

Como observamos en el mapa de flujo de valor, el resultado obtenido llama la atención, pues se necesitan 1270 segundos = 0,35 horas para producir un lente, pero el lead time es alto, debido a que esa misma unidad necesita 20 horas para salir de la planta hacia el cliente, y si estas horas dividimos sobre las 8 horas laborables del turno, obtenemos 2.5 días, por esa razón el plazo de entrega a sus clientes de la empresa en estudio es de 3 días, lo cual disminuye su competitividad debido a que la competencia ofrece entregar el producto en 2 días. Los investigadores de la producción esbelta indican que el lead time no debería ser mayor que diez veces el tiempo de trabajo útil, caso contrario los procesos están descontrolados [8]. En este caso vemos que el lead time supera en más de 10 veces el tiempo de valor agregado.

Para identificar los desperdicios es necesario determinar cuál es nuestro cuello de botella o encontrar donde no fluye la producción. La idea fundamental es de tratar de disponer de un único flujo en todas las operaciones o procesos, sin que se presenten interrupciones. De esta manera, se reduce al mínimo el número de puntos donde se acumula material en proceso y se generan tiempos de espera que incrementan el lead time. Para esto es importante calcular el tiempo takt.

El cálculo del tiempo takt empieza con el cálculo del tiempo de trabajo disponible restando los tiempos de preparación de máquinas, tiempos de limpieza o tiempos de lunch, entre los requerimientos diarios del cliente.

En la empresa en estudio se trabajan turnos de 9 horas por lo cual el tiempo total en el turno es de 32400 segundos. Al tiempo total es necesario restarle el tiempo muerto, el cual es de 20 minutos o 1200 segundos por limpieza y preparación de máquinas. El cliente requiere 104 unidades por día (2300 unidades /22 días). Así calculamos el tiempo Takt:

$$\text{Tiempo disponible} = 32400 - 1200 = 31200 \text{ segundos por día}$$

$$\text{Tiempo Takt} = \frac{\text{Tiempo disponible por día}}{\text{Requerimientos diarios del cliente}}$$

$$\text{Tiempo takt} = \frac{31200 \text{ segundos}}{104 \text{ unidades x día}} = 300 \text{ segundos x unidad}$$

El tiempo Takt resultante significa que para satisfacer las demandas del cliente dentro del tiempo de trabajo disponible, se necesita producir un lente cada 300 segundos. Se debe intentar que el tiempo de ciclo del proceso sea menor o lo más cercano posible al tiempo Takt. Producir respecto al mismo es una de las principales pautas para desarrollar un VSM futuro, esto es posible lograr aplicando las herramientas de mejora de manufactura esbelta.

Con este cálculo podemos elaborar la gráfica de tiempos de ciclo vs tiempo Takt que compara los tiempos de ciclo de cada proceso contra el tiempo Takt, esto es una herramienta de gran utilidad que nos servirá a tomar decisiones.



Figura 9.1 Tiempo de ciclos por procesos.

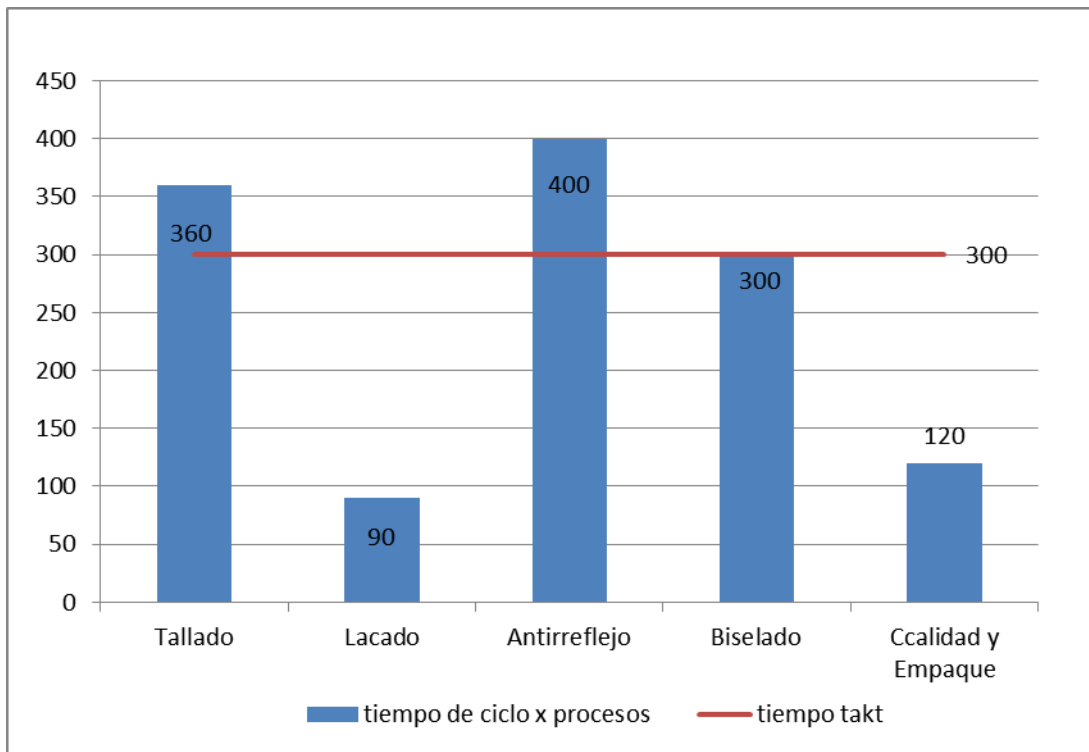


Figura 9.2 Tiempo de ciclos por procesos vs tiempo Takt

El proceso de tallado y antirreflejo es lo que se denomina un "cuello de botella" y deben enfocarse los esfuerzos en encontrar una solución que permita la reducción del tiempo de ciclo, aplicando las técnicas idóneas de manufactura esbelta.

### 3.4 Análisis de la capacidad

Para poder definir qué tipos de herramientas de manufactura esbelta implementar es necesario analizar el uso de la capacidad instalada, con el objetivo de determinar si es necesario aumentar la capacidad de la planta o no se está aprovechando la misma.

Realizando el levantamiento de información diario de unidades procesadas en las áreas en mención, observamos que siempre se está produciendo por debajo de la capacidad.

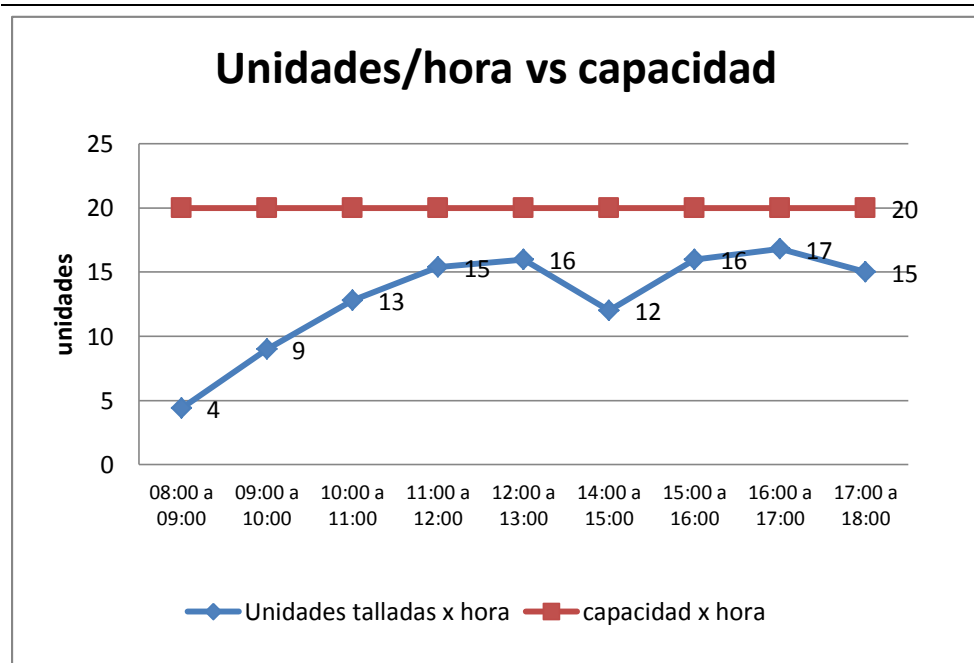


Figura 10.1. Unidades talladas por hora vs capacidad.

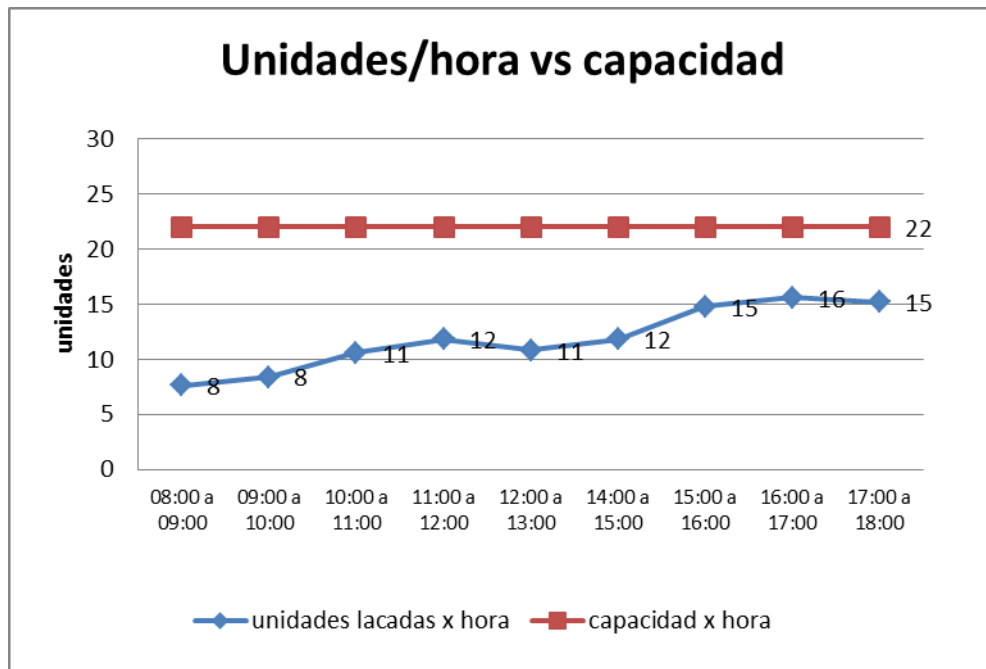


Figura 10.2. Unidades lacadas por hora vs capacidad.

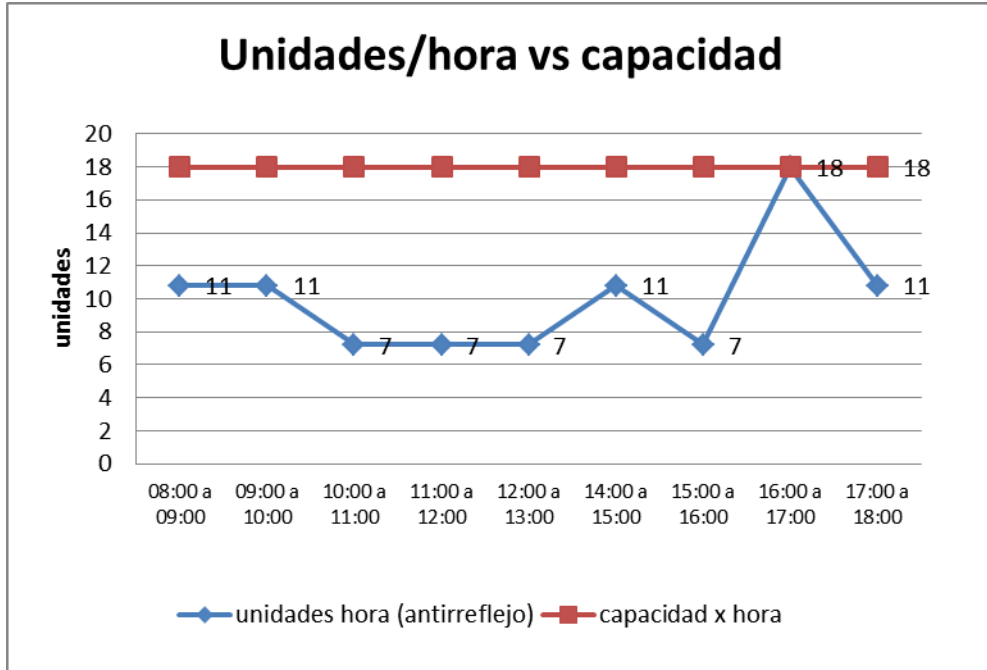


Figura 10.3. Unidades antirreflejo por hora vs capacidad

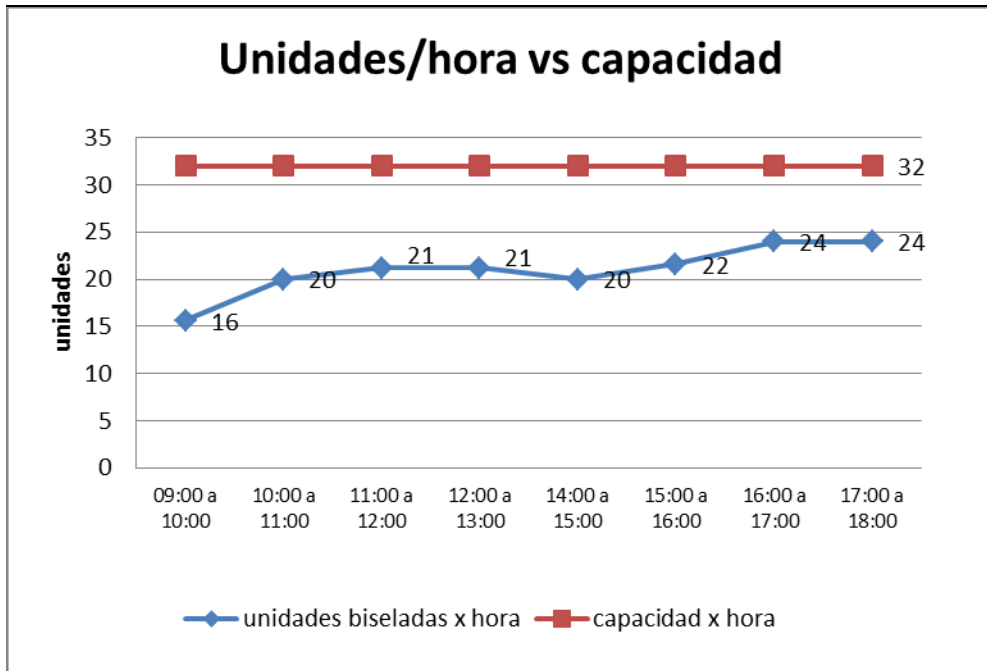


Figura 10.4. Unidades biseladas por hora vs capacidad



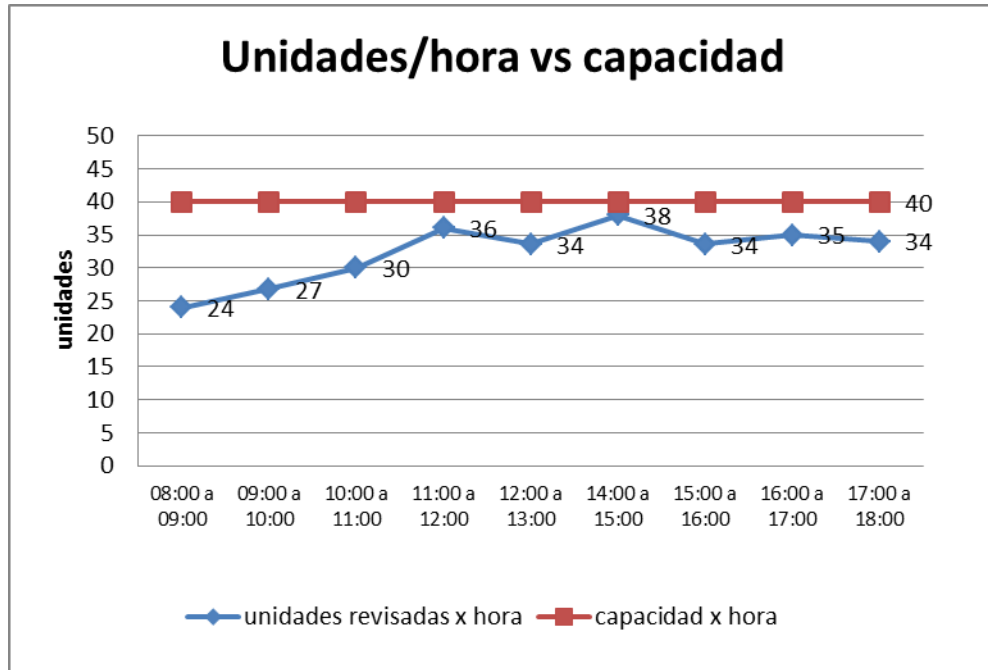


Figura 10.5 Unidades revisadas por hora vs capacidad (control de calidad)

Las gráficas hacen notar que el problema de la empresa no es de capacidad, en la información levantada para el vsm se observa que en promedio se utiliza el 60% de la capacidad disponible sin embargo se generan horas extras para poder cumplir con la demanda, así podemos observar el siguiente cuadro.

Area	Utilización de maquinaria
Tallado	65%
Lacado	54%
Antirreflejo	56%
Biselado	64%
Promedio	60%

Tabla 3.1 Análisis de la capacidad utilizada en la planta

LA PROBLEMÁTICA DE EXCESO DE INVENTARIO EN PROCESO Y HORAS EXTRAS EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE LENTES OFTÁLMICAS: PROPUESTA DE SOLUCIÓN MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE MANUFACTURA ESBELTA. MAESTRIA EN CONTROL DE OPERACIONES Y GESTIÓN LOGÍSTICA.

ÁREA	oct-15		nov-15		dic-15		ene-16		feb-16		mar-16		abr-16	
	50%	100%	50%	100%	50%	100%	50%	100%	50%	100%	50%	100%	50%	100%
Tallado	1255,20	495,00	1062,00	236,00	1449,20	575,30	1509,80	1403,00	480,40	183,00	1852,90	488,00	1006,50	1128,50
Lacado	346,70	136,30	221,30	0,00	464,60	118,00	91,50	579,50	205,90	0,00	251,60	152,50	228,80	396,50
Antirreflejo	741,60	236,00	431,40	501,50	1393,90	472,00	297,40	915,00	251,60	274,50	617,60	488,00	571,90	884,50
Biselado	970,60	472,00	619,50	1003,00	1460,30	973,50	411,80	1769,00	91,50	884,50	663,40	1037,00	480,40	1403,00
Control de Calidad	293,80	118,00	309,80	295,00	403,30	236,00	343,10	549,00	183,00	366,00	388,90	244,00	91,50	366,00
<b>Total</b>	<b>5065,20</b>		<b>4679,50</b>		<b>7546,10</b>		<b>7869,10</b>		<b>2920,40</b>		<b>6183,90</b>		<b>6557,60</b>	

Tabla 3.2 Pago de horas extras (oct-15 a abr-16).

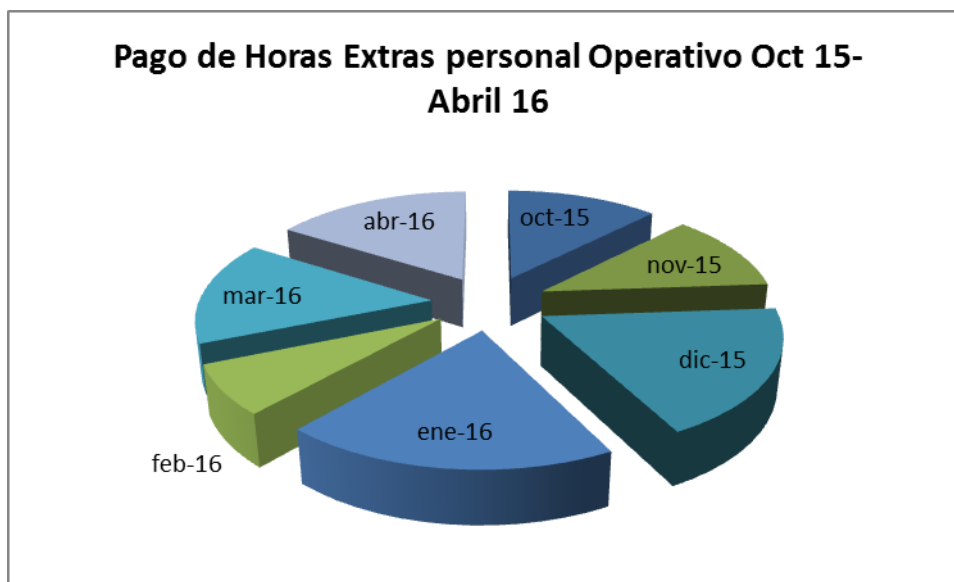


Figura 11. Pago de Horas Extras del personal operativo.

Esto se debe a que existen muchas demoras o tiempos muertos en el proceso productivo, tales como preparación de maquinaria, calentamiento, espera de material o daños frecuentes y además de esto se necesita un stock mínimo en cada proceso para poder arrancar la producción.

### 3.5 Análisis Pareto y causa efecto del Lead time.

A continuación se detalla el análisis de pareto y diagrama de causa-efecto de los tiempos de demora que causan atrasos en la producción, horas extras e inventario en proceso de la empresa en estudio. Los esfuerzos de

mejoramiento deben guiarse por el principio de Pareto. Pareto decía que siempre hay unas cuantas cosas importantes y muchas triviales [9].

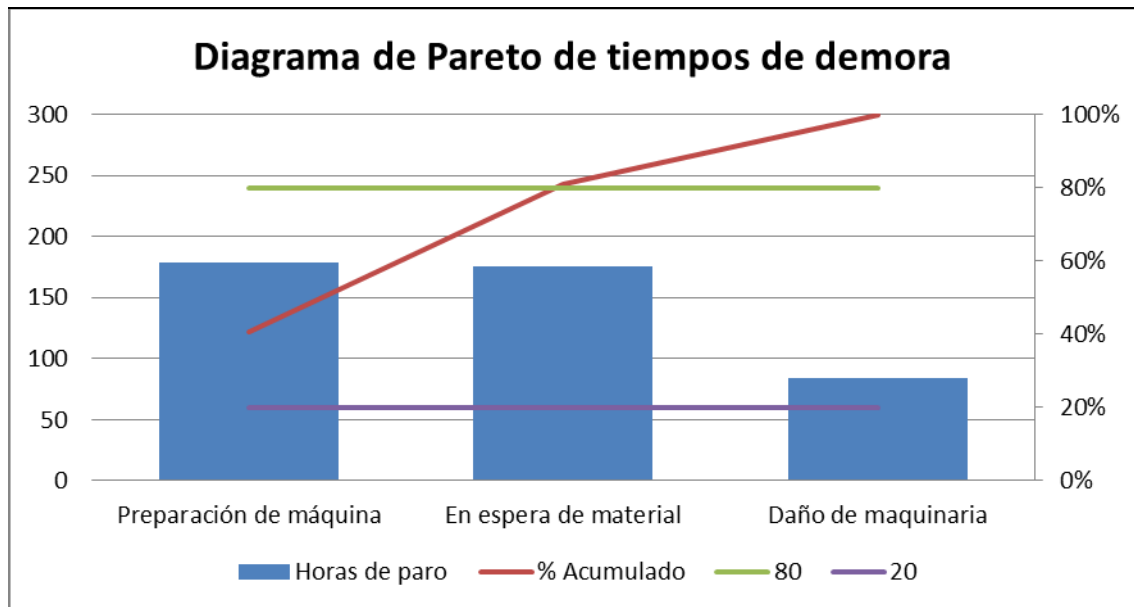


Figura 12. Análisis de Pareto de tiempos de demora

Como podemos observar los problemas de mayor incidencia es la preparación de máquina y la espera de material.

A continuación se detallan las causas que orinan las demoras en el proceso de producción, donde es importante conocer la causa que origina los mismos, para ello se utilizará la herramienta de análisis Diagrama de Causa Efecto, Kauro Ishikawa [10], para facilitar el análisis de problemas y sus soluciones.

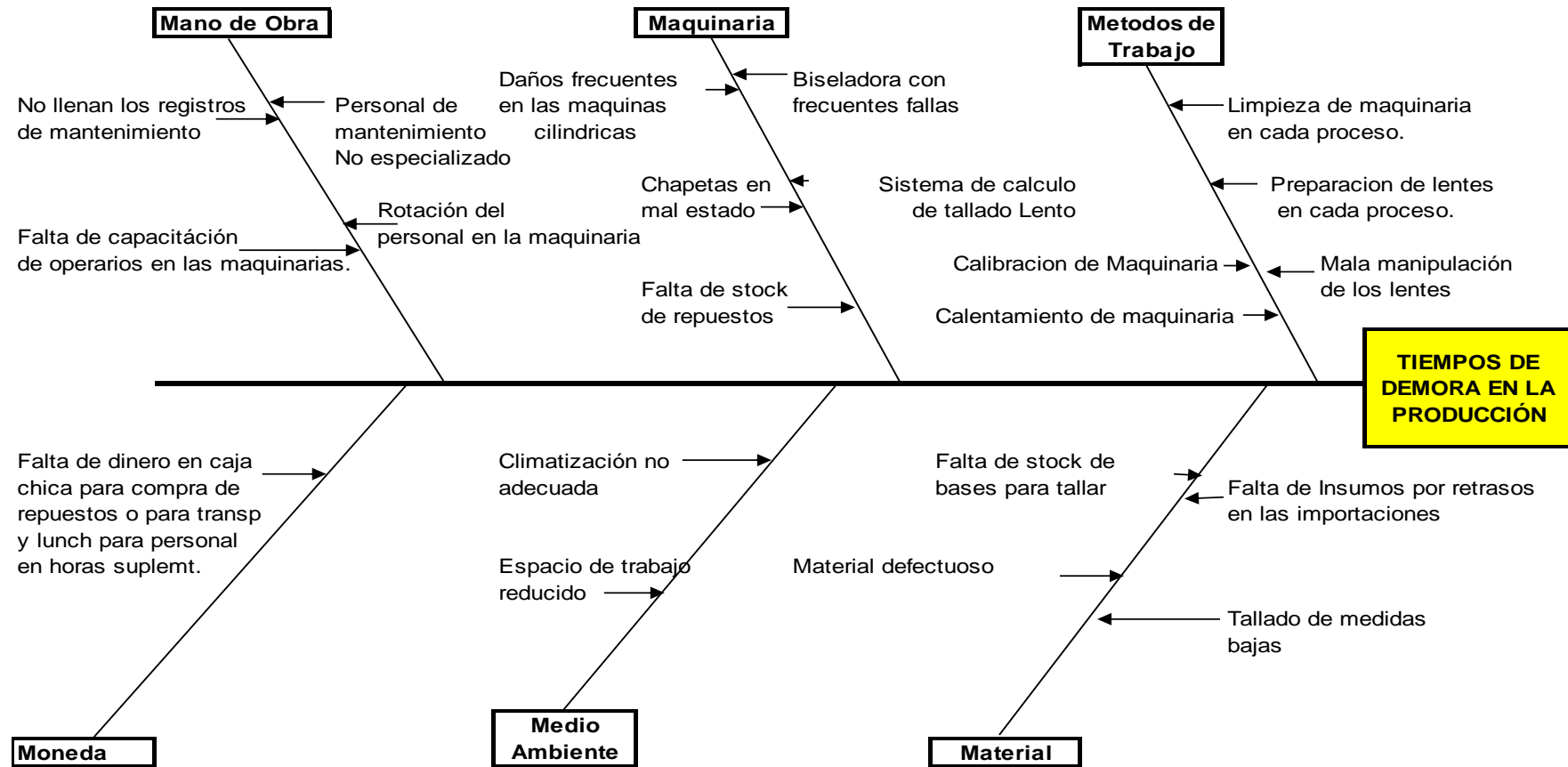


Figura 13. Diagrama causa efecto.

### 3.6 Diagrama de recorrido.

Para el buen desempeño de la planta, producción esbelta recomienda analizar el recorrido de materiales, para verificar si están de acorde a las necesidades, por esa razón procedemos a diagramar la distribución de la planta en estudio.

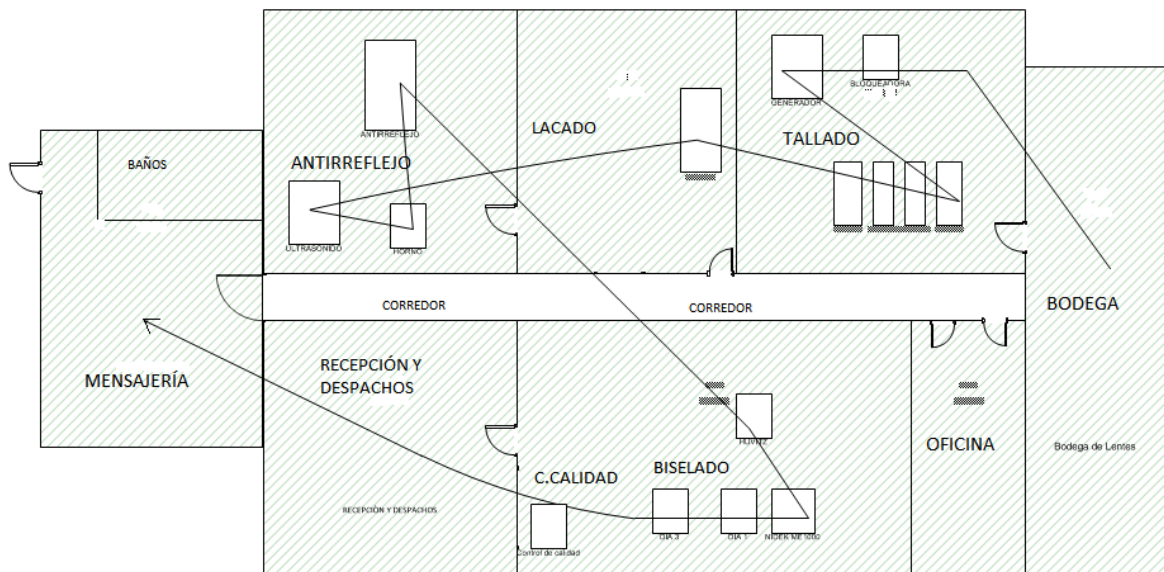


Figura 14. Diagrama de recorrido de la planta.

Como podemos observar el recorrido del material es de forma U, tiene realizada una distribución por producto, siguiendo una secuencia de operaciones para fabricar el artículo de acuerdo a la necesidad de la empresa, de esta manera descartamos el diseño de células de trabajo o de distribución de planta [10].

## **CAPÍTULO 4**

### **4. CASO DE ESTUDIO: APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA.**

#### **4.1 Introducción**

Como observamos en el capítulo anterior el VSM muestra altos tiempos de demora en cada proceso, debido a que la producción se estanca en el proceso anterior, sea por preparación de la maquinaria, material en espera o daños en la maquinaria. Por esa razón urge establecer estrategias que lleven a una reducción significativa de los tiempos improductivos para que la empresa sea competitiva y pueda ofrecer mejores tiempos de entrega en el mercado.

La aplicación de herramientas de manufactura esbelta nos llevará a conseguir este objetivo.

#### **4.2 Aplicación de 5 S.**

Los expertos en administración de la producción recomiendan que antes de aplicar cualquier herramienta de Gestión primero se debe implementar las 5S la cual será la base que sostendrá las demás herramientas que se implemente en la planta.

En la empresa en estudio se evidencia desorden en la planta y esto ocasiona que se tarden el inicio de las operaciones o reparaciones en las máquinas cuando fallan, debido a que no se tienen a la mano insumos o herramientas necesarias para el ajuste, por eso es necesario la aplicación de la metodología de 5 S que nos ayudará a reducir el tiempo de ciclo en el área de tallado especialmente, donde supera el time takt.

**LA PROBLEMÁTICA DE EXCESO DE INVENTARIO EN PROCESO Y HORAS EXTRAS EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE LENTES OFTÁLMICAS: PROPUESTA DE SOLUCIÓN MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE MANUFACTURA ESBELTA. MAESTRIA EN CONTROL DE OPERACIONES Y GESTIÓN LOGÍSTICA.**

Esta filosofía recomienda para su buena implementación iniciar en un área pequeña aplicando sus 5 pilares como son la selección, organización, limpieza, estandarización y disciplina.

En el área de tallado se puede evidenciar el desorden, viendo moldes, chapetas esparcidas por todo el lugar, residuos de cera y pulimento en el piso ocasionando que no se disponga de inmediato del artículo que se necesita para cada operación.



Figura 15. Pulimento salpicado en las maquinas, moldes dispersos en toda el área.



Figura 16. Cajas de producción dispersas en toda el área, papelería e insumos en medio de las máquinas.

Esto ocasiona demoras en el proceso productivo, pues al tallar el lente se pierde 120 segundos en buscar las chapetas y moldes para poder colocar la medida al lente.

Por esa razón es necesario aplicar la metodología de 5S en el área de tallado que nos permitirá disminuir en 90 segundos el tiempo de ciclo al ordenar el área de trabajo. Se aplicará 4 fases de implementación descritas a continuación:

<b>5 S</b>	<b>INICIO</b>	<b>OPTIMIZAR</b>	<b>FORMALIZAR</b>	<b>PERPETUIDAD</b>
<b>SELECCIONAR</b>	Separar lo que no se utiliza	Clasificar las cosas que se utilizan	Establecer procedimientos de selección	Establecer
<b>ORGANIZAR</b>	Eliminar lo que no se usa	Ordenar los objetos que se utilizan	Publicar procedimientos definidos	Mantener
<b>LIMPIEZA</b>	Limpiar la planta	Encontrar las fuentes de suciedad y corregir	proponer soluciones a las fuentes de suciedad	Mejorar
<b>ESTANDARIZACIÓN</b>	Elaborar lista de insumos necesarios para el orden y limpieza	Determinar áreas sucias críticas	Determinar métodos adecuados de selección, orden y limpieza	Auditar
<b>DISCIPLINA</b>	HACER COSTUMBRE LA APLICACIÓN DE 5 S			

Tabla 4.1. Etapas de implementación de 5 S

El plan de trabajo a ejecutar se describe a continuación con tiempo estimado de 1 mes en poder cumplir con la metodología. Se entrenará al personal de tallado 4 días en cada "S" y al final del entrenamiento y ejecución se auditará el cumplimiento.



LA PROBLEMÁTICA DE EXCESO DE INVENTARIO EN MAESTRIA EN CONTROL DE OPERACIONES Y GESTIÓN  
 PROCESO Y HORAS EXTRAS EN UNA EMPRESA LOGÍSTICA.  
 PRODUCTORA DE LENTES OFTÁLMICAS: PROPUESTA DE  
 SOLUCIÓN MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE  
 MANUFACTURA ESBELTA.

Metodología 5 S	Concepto	Evidencias	Plan de Implementación
Seleccionar	Dejar en el área solo lo que se va a utilizar, lo que se utiliza una sola vez al mes se identificará con tarjeta blanca y lo que no se utiliza se identificará con tarjeta roja.	Exceso de papelería e insumos en el piso. Máquinas obsoletas que no funcionan en el área. Moldes defectuosos, repuestos obsoletos en el piso.	<b>Definir campañas frecuentes de selección.</b> Cada 3 meses los operarios señalarán con etiquetas lo que no se usa y se sacará del área. Se dejarán solo los elementos necesarios. Se realizarán auditorías semestrales para comprobar el cumplimiento.
Organizar	Organizar los artículos que se utilizan y designar un lugar para ellos.	Moldes desordenados en la estantería. Chapetas dispersas en toda el área de trabajo. Cajas de producción dispersas en toda el área de trabajo.	Codificar la estantería de moldes, para que cada molde sea ubicado en su lugar. Instalar una estantería adecuada y codificarla para colocar cada chapeta en su lugar, se identificará por su color. Se señalará áreas específicas en tallado para las cajas en proceso de producción.
Limpieza	Eliminar la suciedad del área	En el proceso de corte del lente se genera polvo que ensucia con facilidad toda el área. En el proceso de pulido se salpica con facilidad líquido al piso, manchándolo.	Se definirá horarios frecuentes de limpieza (diaria). Enlistar cada una de las actividades de limpieza a realizar, máquinas, herramientas, artículos. Enlistar los artículos e insumos de limpieza que se necesitan Registrar las actividades de limpieza realizada en la bitácora 5S
Estandarización	Crear rutinas y procedimientos de selección, orden y limpieza, documentar con fotografías y registros	Existen rutinas de limpieza informal pero no están estandarizadas ni documentadas. El personal realiza la limpieza cuando lo cree necesario o cuando el jefe de producción lo pide. No existen métodos definidos de selección, orden y limpieza.	Se definirá rutinas de limpieza diaria al iniciar y antes terminar el turno de trabajo. Se elaborara registros de limpieza para el personal. Se documentará los registros y se tomarán fotografías del estado óptimo del área.
Disciplina	Lograr que la selección, orden, limpieza y la estandarización se convierta en hábito o cultura. "Mantener lo alcanzado".	El área de tallado se ve sucia y desordenada por no haber una cultura de limpieza.	Se elaborará formatos de inspección para poder auditar el cumplimiento. Programar auditorías mensuales para verificar el cumplimiento de los estándares y publicar los resultados de las auditorías. Verificar a corto plazo que las inconformidades en las auditorías sean corregidas por los responsables designados. Elaborar indicadores de cumplimientos.

Tabla 4.2. Plan de ejecución de 5 S en el área de tallado.

Las tarjetas que se usarán para seleccionar lo innecesario de lo necesario son las siguientes:

TARJETA BLANCA		NÚMERO: <input type="text"/>	TARJETA ROJA		NÚMERO: <input type="text"/>
FECHA: _____		FECHA: _____		FECHA: _____	
ÁREA (LOCALIZACIÓN): _____		ÁREA (LOCALIZACIÓN): _____		ÁREA (LOCALIZACIÓN): _____	
DEPARTAMENTO: _____		DEPARTAMENTO: _____		DEPARTAMENTO: _____	
NOMBRE DEL ARTÍCULO: _____		NOMBRE DEL ARTÍCULO: _____		NOMBRE DEL ARTÍCULO: _____	
CANTIDAD: _____		CANTIDAD: _____		CANTIDAD: _____	
OPORTUNIDAD:	ACTIVIDAD A REALIZAR:		DISPOSICIÓN:		
			TRANSFERIR <input type="checkbox"/> INSPECCIONR <input type="checkbox"/> ELIMINAR <input type="checkbox"/>		
PROPUESTA:			RAZÓN:		
COMENTARIO:			COMENTARIO:		
_____			_____		
_____			_____		
_____			_____		

Figura 17. Tarjetas blanca y roja a utilizar en la metodología 5S.

En la fase de **selección** se separará del área aquellos materiales, maquinarias o insumos que no se utilizan, como muestran las fotos existen en tallado moldes defectuosos, papelería y máquina que no es utilizada en el área la misma se identificará con tarjeta roja para que sea separado del lugar.

En la **organización** se señalará adecuadamente la estantería de molde, de acuerdo a la escala de medidas, con esto cuando se los necesite se los encontrará de inmediato, el mismo procedimiento se realizará con las chapetas que se encuentran dispersas en toda el área. También es necesario señalar un espacio fijo para las cajas de producción y no estén dispersas en toda el área entorpeciendo las demás actividades.

En la **limpieza** se debe realizar una lista de cada una de las actividades de limpieza a realizar en las máquinas, herramientas, artículos. También es necesario enlistar los artículos e insumos de limpieza que sean necesarios. Definir métodos adecuados y registrar las actividades de limpieza realizada en la bitácora 5S.

En la **estandarización** se definirá rutinas de limpieza diaria al iniciar y antes terminar el turno de trabajo. Es necesario elaborar registros de limpieza para el personal. Estos serán documentados y se tomarán fotografías del estado actual y del estado óptimo del área. Se definirá horarios frecuentes de limpieza (diaria).

En la **disciplina** se elaborará formatos de inspección para poder auditar el cumplimiento. Programar auditorías mensuales para verificar el cumplimiento de los estándares y publicar los resultados de las auditorías. Verificar a corto plazo que las inconformidades en las auditorías sean corregidas por los responsables designados. Elaborar indicadores de cumplimientos. En el anexo 2 y 3 se podrá visualizar los formatos propuestos para la aplicación de 5S.

Como indicamos anteriormente con la aplicación de esta metodología se pretende eliminar los desperdicios por esperas, por transportes innecesarios y reducir el tiempo de ciclo a 270 segundos en tallado.

### **4.3 Aplicación de Kanban**

Después que se estudió las diferentes herramientas de manufactura esbelta en el marco teórico, se elige la implementación de un sistema de producción Pull llamado Kanban, el cual es un mecanismo que establece un amortiguador de inventario que nos lleve a un flujo de producción continuo, para mejorar la administración de la producción. A su vez este amortiguador nos permitirá designar de mejor forma los diferentes horarios de trabajo en cada área, debido a que tendrán un inventario inicial para que los operarios puedan arrancar la producción a penas lleguen a su puesto de trabajo. Con esto se disminuirá notoriamente, el inventario en proceso, las horas extras, y se entregara a tiempo los pedidos, debido a que con los actuales horarios se forma cuellos de botella, dejando largos tiempos de espera en el área de lacado y antirreflejo especialmente.

Para que kanban funcione también tendrán que ser implementados sistemas de reducción de setups, de producción de lotes pequeños, control visual, poka yoke 5S, mantenimiento preventivo, etc. todo esto es requisito para el buen desempeño del sistema.

#### 4.3.1 Diseño e implementación del sistema Kanban.

Para poder ejecutar este sistema es importante que toda la organización se involucre, desde la Gerencia hasta los operarios de todos los procesos de la empresa, con el objetivo que todos sigan las mismas metas que ofrece este sistema.

Por esa razón se entrenará a todos los involucrados con el siguiente cronograma de actividades el cual tendrá una duración de 5 meses, para la buena aplicación de este sistema.

Temas	Mes 1	Mes 2-3	Mes 4-5	Observaciones
Programación kanban.	x			Calcular el número de kanban para que los procesos siempre estén abastecidos.
Crear cultura de halar.	x			Concientizar a los operarios con la cultura "Deje de trabajar cuando se llene el kanban", con esto se evitara el exceso de material en proceso. Solo se fabricará lo necesario para el siguiente proceso.
Flexibilidad de la planta, repuesta y cambios rápidos.		x		Importancia de trabajar lotes pequeños - Flujo continuo - reducción de los tiempos de ciclo - responder rápido a la demanda de los clientes.
No deben pasar defectos al siguiente proceso.		x		Entrenar a los operarios para que detengan el proceso cuando detecten defectuosos, si pasa al siguiente proceso el sistema no funcionará porque llevará a re-trabajos. Al detectarse se debe corregir inmediatamente
Operarios polivalentes.			x	Entrenar a los operarios en la operación y mantenimiento de todas las maquinas, que sean capaces de dominar más de un proceso y también tendrán la capacidad de trabajar en varios puestos.

Tomar medidas preventivas a través de Kaizen.			x	Talleres de círculos de calidad-mejora continua con propuestas de los operarios. Reuniones mensuales con aportes de mejoras en el sistema.
---	--	--	---	--

Tabla 4.3. Cronograma de entrenamiento al personal con el sistema Kanban

Kanban es un sistema de señalización, indica cuando es necesario abastecer y cuando no al siguiente proceso halando el material y también se lo puede aplicar en los horarios de trabajo en cada área, como se observó en el capítulo anterior en el VSM los lead time en cada proceso superan el tiempo de ciclo, por esa razón se harán horarios escalonados en la empresa en estudio, para cuando lleguen ya tengan material para procesar.

Esta herramienta también nos llevara a la polivalencia de los operarios, debido a que gracias al entrenamiento a recibir dominarán más de un proceso, y tendrán la capacidad de trabajar en varios puestos.

Para eso es necesario calcular el número de kanban o el inventario mínimo en cada proceso para el arranque de producción, para esto utilizaremos la siguiente fórmula:

**Número total de kanban**

$$= \frac{\text{demanda media} * \text{plazo de entrega} * (1 + \text{coeficiente de seguridad})}{\text{Capacidad del contenedor}}$$

La demanda media por hora para la empresa en estudio es de 14 unidades, el plazo de entrega para este cálculo es de 48 horas, debido a que queremos reducir este tiempo para que la empresa sea más competitiva e iguale los tiempos ofrecidos por el mercado, el coeficiente de seguridad será del 20% (se define este % de seguridad debido a las ensayos realizados, se inició una

prueba con el 10%, luego el 15%, pero fueron insuficientes, definiendo el 20% con un buen coeficiente de seguridad para este caso). El tamaño de los contenedores para cada área serán los siguientes:

Tallado: 20 unidades.

Lacado: 36 unidades.

Antirreflejo: 44 unidades.

Biselado: 44 unidades.

Con estos datos obtenemos los números de Kanban's para cada área de trabajo, y a su vez realizamos una simulación en Excel para designar los horarios de trabajos.

<b>TALLADO : 40 Kanba's</b>				
<b>HORARIO</b>	<b>INV. INICIAL (UNID)</b>	<b>UNID X HORA ABASTECIMIENTO BODEGA</b>	<b>UNID POR HORA PRODUCCION</b>	<b>INV. FINAL</b>
08:00 a 09:00	40	10	0	50
09:00 a 10:00	50	20	10	60
10:00 a 11:00	60	20	20	60
11:00 a 12:00	60	20	20	60
12:00 a 13:00	60	20	20	60
13:00 a 14:00	60	0	0	60
14:00 a 15:00	60	10	20	50
15:00 a 16:00	50	10	20	40
16:00 a 17:00	40	0	20	20
17:00 a 18:00	20	0	20	0

Tabla 4.4. Programación de la producción de tallado obtenida en EXCEL

<b>LACADO: 22 Kanban's</b>				
<b>HORARIO</b>	<b>INV. INICIAL (UNID)</b>	<b>UNID X HORA ABASTECIMIENTO TALLADO</b>	<b>UNID POR HORA PRODUCCION</b>	<b>INV. FINAL</b>
8:00 a 09:00	22	0	0	22

LA PROBLEMÁTICA DE EXCESO DE INVENTARIO EN MAESTRIA EN CONTROL DE OPERACIONES Y GESTIÓN  
 PROCESO Y HORAS EXTRAS EN UNA EMPRESA LOGÍSTICA.  
 PRODUCTORA DE LENTES OFTÁLMICAS: PROPUESTA DE  
 SOLUCIÓN MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE  
 MANUFACTURA ESBELTA.

09:00 a 10:00	22	10	0	32
10:00 a 11:00	32	20	22	30
11:00 a 12:00	30	20	22	28
12:00 a 13:00	28	20	22	26
13:00 a 14:00	26	0	0	26
14:00 a 15:00	26	20	22	24
15:00 a 16:00	24	20	22	22
16:00 a 17:00	22	20	22	20
17:00 a 18:00	20	20	22	18

Tabla 4.5. Programación de la producción de lacado obtenida en EXCEL

ANTIRREFLEJO: 18 Kanban's				
HORARIO	INV. INICIAL (UNID)	UNID X HORA ABASTECIMIENTO LACADO	UNID POR HORA PRODUCCION	INV. FINAL
08:00 a 09:00	18			18
09:00 a 10:00	18			18
10:00 a 11:00	18	22	0	40
11:00 a 12:00	40	22	18	44
12:00 a 13:00	44	22	18	48
13:00 a 14:00	48	0	18	30
14:00 a 15:00	30	22	18	34
15:00 a 16:00	34	22	18	38
16:00 a 17:00	38	22	18	42
17:00 a 18:00	42	22	18	46
18:00 a 19:00	46	0	18	28
19:00 a 20:00	28	0	10	18

Tabla 4.6. Programación de la producción de antirreflejo obtenida en EXCEL

BISELADO: 18 Kanban's				
HORARIO	INV. INICIAL (UNID)	UNID X HORA ABASTECIMIENTO ANTIRREFLEJO	UNID POR HORA PRODUCCION	INV. FINAL
08:00 a 09:00	18			18
09:00 a 10:00	18			18
10:00 a 11:00	18	0		18
11:00 a 12:00	18	18	22	14

12:00 a 13:00	14	18	22	10
13:00 a 14:00	10	18	0	28
14.00 a 15:00	28	18	22	24
15:00 a 16:00	24	18	22	20
16:00 a 17:00	20	18	22	16
17:00 a 18:00	16	18	22	12
18:00 a 19:00	12	18	22	8
19:00 a 20:00	8	10	0	18

Tabla 4.7 Programación de la producción de biselado obtenida en EXCEL

De esta manera obtenemos los horarios para cada área de trabajo:

Tallado: 09:00 a 18:00 (8 horas de trabajo)

Lacado: 10:00 a 18:00 (7 horas de trabajo)

Antirreflejo: 10:00 a 20:00 (9 horas de trabajo)

Biselado: 11:00 a 19:00 (7 horas de trabajo)

Como se puede evidenciar, con estos nuevos horarios ya no habrá horas extras en los operarios, debido a que se disminuye la jornada laboral en tallado y lacado, y solo habrá 1 hora extraordinaria en antirreflejo, para poder equilibrar la demanda, pero en biselado y control de calidad también tendrán horas extras debido a que dependen de que el área de antirreflejo saque a tiempo la producción. Esto representará un ahorro en horas extras del 40% y se reduce el inventario en proceso en un 63%.

#### 4.4 Aplicación de Smed.

Es una herramienta utilizada para reducir los tiempos de cambios en menos de 10 minutos. En la empresa en estudio no hay cambios de formatos pero si hay tiempos perdidos en la preparación de la máquina, tales como calentamiento, calibración, limpieza y esta herramienta nos puede servir para reducir los tiempos y disminuir las demoras.



El Smed mejora la disponibilidad y calidad porque reduce el tiempo de preparación de las máquinas aumentando la flexibilidad de la planta.

#### 4.4.1 Identificar actividades de preparación con sus tiempos.

Para poder aplicar la mejora que brinda la herramienta smed es importante determinar las actividades actuales que se desarrollan para preparar el proceso de antirreflejo, con sus respectivos tiempos, con el objetivo de separar cambios internos y externos.

A continuación se detallan las actividades:

ACTIVIDAD	TIEMPO EN (MIN)
Limpieza de latas	30
Cambiar latas de la cámara	20
Limpieza de pocket	10
Reemplazar químicos quemados	5
Cambiar filamento electrónico	10
Cambiar filamento iónico	10
Colocar lentes en anillos	20
Colocar anillos en domo	10
Colocar domo dentro cámara	1
Colocar shutter	5
<b>TOTAL TIEMPO (MIN)</b>	<b>121</b>

Tabla 4.8. Lista de actividades en la preparación interna de la máquina Antirreflejo.

Como podemos observar la preparación interna toma 121 min o 2 horas lo que ocasiona que sea más lento el proceso de antirreflejo originando cuellos de botellas en la producción de lentes oftálmicas y para poder cumplir la demanda es necesario asignar más horas extras. Es decir en un turno de 8 horas el 50% del tiempo disponible de la máquina es tiempo muerto, dedicado solo a la preparación. Esta información es importante para la herramienta Smed para determinar las mejoras y ejecutar las respectivas correcciones al método actual de trabajo, pues se observó que la limpieza y cambios demandan el mayor tiempo en la preparación de igual forma colocar los lentes en los anillos.

#### **4.4.2. Etapa preliminar: identificar actividades internas de externas.**

Las limpieza de latas se las realiza cuando recién van a cargar la máquina, a pesar de haber un juego de latas completo disponible no se lo tiene listo con anticipación y se espera que salga la carga de lentes de antirreflejo anterior para recién realizar la limpieza de las latas.

No revisan con anticipación el stock de los consumibles para colocar la capa AR, en frecuentes ocasiones cuando están cargando la maquina con los químicos se percatan que le falta uno de ellos y deben ir a la bodega a recién solicitar.

No se dispone de suficiente de anillos para ya colocar los lentes en ellos y tener listo esto antes de parar la máquina. Así mismo no se dispone de un horno suficientemente grande para tener listo un domo con anillos y lentes armados des-gasificando y así cuando la máquina pare solo hacer el cambio con el domo de la carga anterior. También no se dispone de un crisol adicional para colocar los químicos del antirreflejo, teniendo listo este dispositivo para solo hacer el cambio cuando se pare la máquina. Para poder realizar estas mejoras es necesaria una pequeña inversión de la empresa en estudio.

#### **4.4.3 Separación de las actividades internas de las externas.**

Consiste en poder clasificar las actividades que se pueden hacer con la máquina apagada, a estas le llamaremos preparación interna, y las actividades que se puedan ejecutar con la máquina encendida las llamaremos preparación externa. Para poder hacer esta separación es necesario realizar una lista de clasificación, la cual se detalla a continuación:

PREPARACIÓN EXTERNA	PREPARACIÓN INTERNA
Colocar lentes en anillos	Limpieza de latas
	Cambiar latas de la cámara
	Cambiar filamento electrónico
	Cambiar filamento iónico
	Colocar domo dentro cámara
	Colocar shutter
	Limpieza de crisol
	Reemplazar químicos quemados
	Colocar anillos en domo

Tabla 4.9. Actividades actuales de las preparaciones internas y externas.



Figura 18. Preparación de la máquina antirreflejo

Como se indicó anteriormente para poder hacer esta clasificación es necesario que la empresa realice una pequeña inversión la cual esta especifica en el anexo # 4 y 5, donde se cotiza los anillos, crisol y horno.

Además de estas, existen actividades que pueden ser consideradas como desperdicio, las cuales se detallan a continuación:

- No existe procedimiento estándar de la preparación de la máquina.
- No se dispone de herramientas adecuadas y cercanas al cambio.
- Desorden en el área de trabajo.
- Falta de compromiso en el personal.
- Falta de definir actividades del operador y del ayudante, con una secuencia óptima.

Por esa razón es necesario capacitar al personal con esta filosofía para su buena implementación y poder mantener la metodología.

#### **4.4.4 Convertir las actividades de la preparación interna en externas.**

El éxito de la herramienta smed es poder reducir el tiempo de inactividad de la máquina con cortos tiempo de preparación, y esto se da al identificar y separar aquellas actividades que se pueden ejecutar con máquina encendida. Por esa razón es necesario convertir las actividades que se puedan en externas y en la empresa en estudio se evidencia que la limpieza de latas es factible realizar con anticipación tener que esperar que se apague la máquina ya que se dispone de un juego de ellas.

Y con una pequeña inversión de la empresa las siguientes actividades podrán ser convertidas en externas:

- Limpieza de crisol
- Reemplazar químicos quemados.
- Colocar anillos en domo.

De esta manera quedarían clasificadas las preparaciones internas y externas:

PREPARACION EXTERNA	PREPRACIÓN INTERNA
Limpieza de latas	Cambiar latas de la cámara
Limpieza de crisol	Cambiar filamento electrónico
Reemplazar químicos quemados	Cambiar filamento iónico
Colocar lentes en anillos	Colocar domo dentro cámara
Colocar anillos en domo	Colocar shutter

Tabla 4.10 Conversión de la preparación internas en externa.

Gracias a esta conversión de actividades, el tiempo de preparación dela máquina se reducirá en un 54%.

#### 4.4.5 Perfeccionar.

Para que la herramienta smed tenga éxito en su aplicación, es importante que siempre se busque la mejora continua en todas las actividades involucradas en la preparación reduciendo los tiempos. Para esto es importe aplicar:

- Estandarizar procedimientos de preparación.
- Estandarizar herramientas.
- Optimizar métodos de trabajo.
- Organización del área de trabajo (5S).

Los beneficios que nos dará el smed es adaptar el ritmo de producción a la demanda requerida, dando mayor flexibilidad a la planta.

Con las mejoras planteadas se logró el siguiente beneficio, que muestra el siguiente cuadro comparativo, de los métodos de cambio actual y propuesto:

MÉTODO ACTUAL		MÉTODO PROPUESTO (SMED)	
PREPARACIÓN INTERNA	TIEMPO (MIN)	PREPARACIÓN INTERNA	TIEMPO (MIN)
Limpieza de latas	30	Cambiar latas de la cámara	20
Cambiar latas de la cámara	20	Cambiar filamento electrónico	10
Cambiar filamento electrónico	10	Cambiar filamento iónico	10
Cambiar filamento iónico	10	Colocar domo dentro cámara	5
Colocar domo dentro cámara	5	Colocar shutter	2
Colocar shutter	2		
Limpieza de crisol	10		
Reemplazar químicos quemados	5		
Colocar anillos en domo	10		
<b>TOTAL TIEMPO DE PREPARACIÓN</b>	<b>102</b>	<b>TOTAL TIEMPO DE PREPARACIÓN</b>	<b>47</b>

Tabla 4.11. Cuadro comparativo del ahorro alcanzado con el método smed.

Como muestra el cuadro anterior la herramienta smed permite reducir 55 minutos la preparación, lo que corresponde disminuir el 54% el tiempo de inactividad de la máquina, permitiendo ganar capacidad productiva en el área de antirreflejo, eliminando así el cuello de botella en esta área. Se estima que en el turno de 12 horas será posible enviar 6 procesos al día correspondiente a 108 lentes diarios lo que permitirá cubrir la demanda sin contrariedades. De esta manera reducimos el tiempo de ciclo a 290 segundos por unidad, lo cual es un gran logro, debido a que este proceso es nuestro principal cuello de botella de toda la cadena de fabricación.

#### 4.5 VSM Futuro.

Luego de implementar las mejoras es importante elaborar el vsm futuro para verificar si los desperdicios se redujeron, los cuellos de botella se eliminaron y el time takt está por encima o similar a los tiempos de ciclos de los procesos,

LA PROBLEMÁTICA DE EXCESO DE INVENTARIO EN MAESTRIA EN CONTROL DE OPERACIONES Y GESTIÓN  
PROCESO Y HORAS EXTRAS EN UNA EMPRESA LOGÍSTICA.  
PRODUCTORA DE LENTES OFTÁLMICAS: PROPUESTA DE  
SOLUCIÓN MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE  
MANUFACTURA ESBELTA.

con la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta como las 5 S, kanban y smed. El flujo de material y de información debe estar optimizado.

Además de esto el vsm futuro nos permitirá visualizar todas las oportunidades de mejoras que aún puedan quedar en los procesos productivos.

LA PROBLEMÁTICA DE EXCESO DE INVENTARIO EN MAESTRIA EN CONTROL DE OPERACIONES Y GESTIÓN LOGÍSTICA.  
 PROCESORA DE LENTES OFTÁLMICAS: PROPUESTA DE SOLUCIÓN MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE MANUFACTURA ESBELTA.

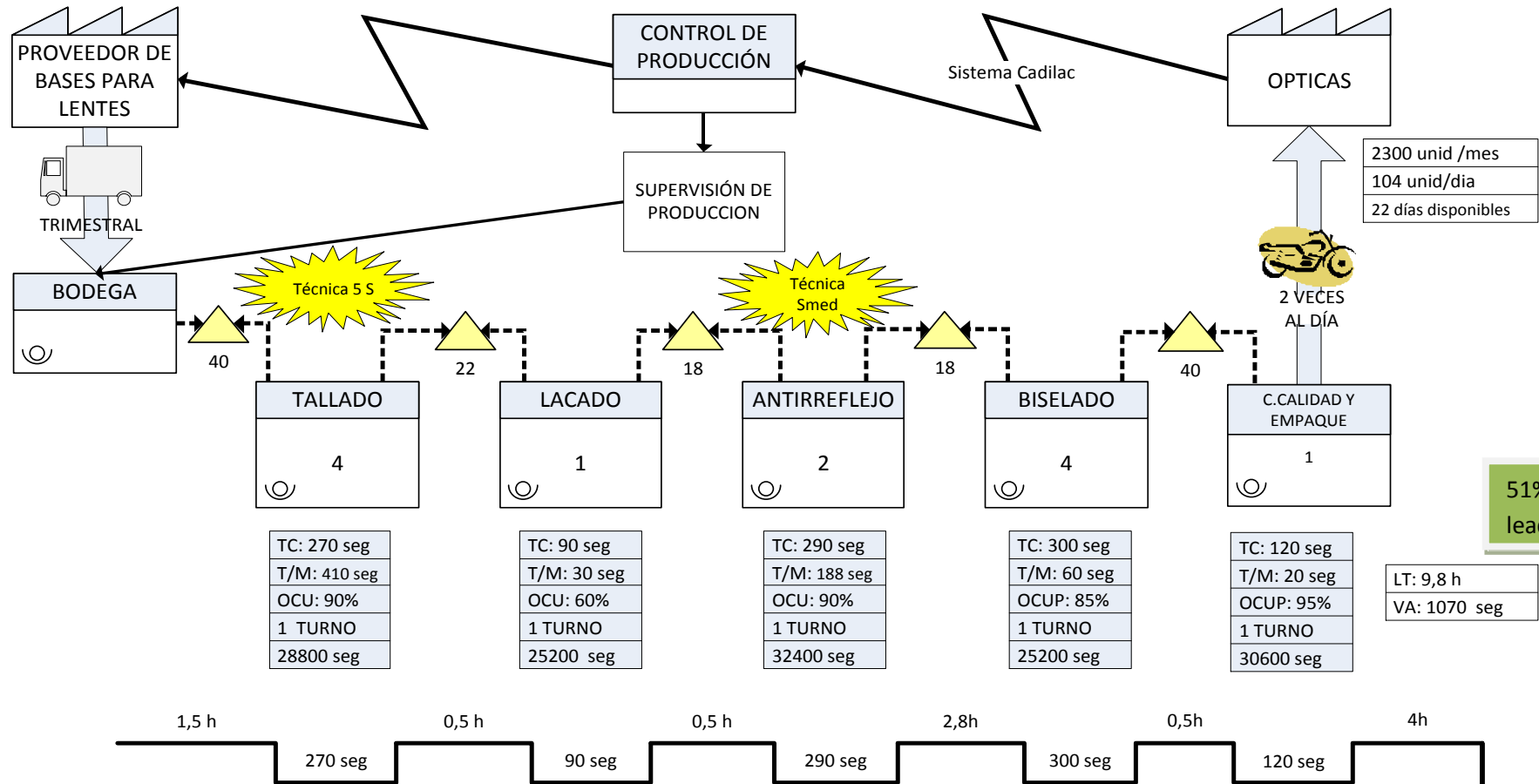


Figura 19. VSM futuro de fabricación de lentes oftálmicas



Como muestra el vsm futuro el lead time se reduce a 9,8 horas dando la oportunidad a la empresa en estudio de poder ofrecer tiempos de entrega más cortos como podrían ser 2 días laborables por cualquier imprevisto.

El tiempo de valor agregado también se reduce a 800 segundos = 13,3 minutos para fabricar una unidad.

Con esta información veremos cómo está el tiempo de ciclo de cada proceso con respecto al time takt, el mismo debe ser igual o estar por encima del tiempo de ciclo de cada proceso para así evitar los cuellos de botella e incumplimiento con la demanda.

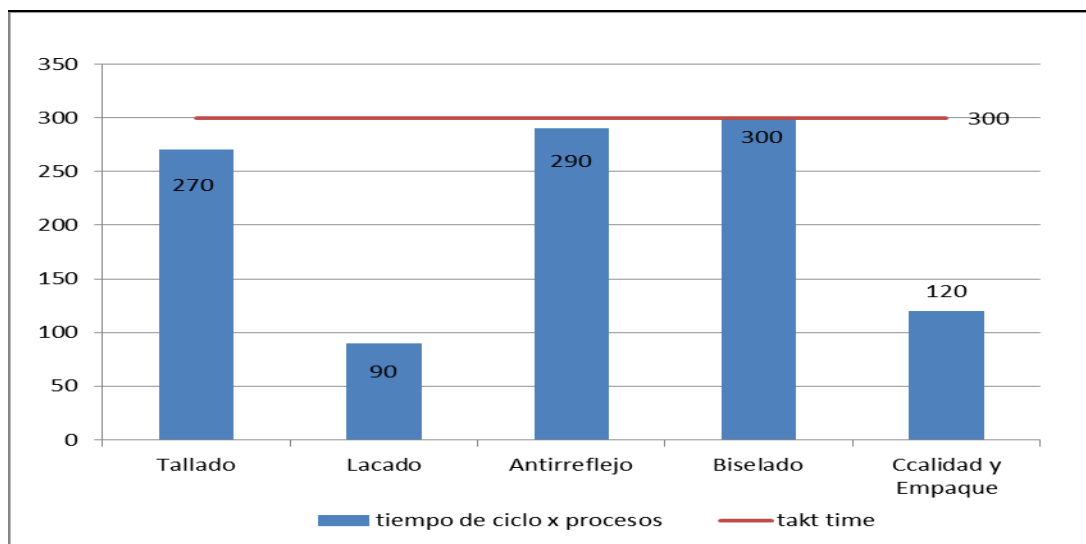


Figura 20. Tiempo de ciclos mejorados por procesos vs tiempo Takt

Como demuestra ambas figuras, la mejora en los procesos se efectuara satisfactoriamente gracias a las herramientas de manufactura esbelta, permitiendo ser más competitiva la empresa en estudio con tiempos de entregas mejorados, reduciendo los desperdicios, el inventario en proceso y las horas extras.

## 4.6 Resultados obtenidos.

La siguiente tabla muestra que se cumplieron con los objetivos del proyecto al aumentar el cumplimiento de los tiempos de entrega, disminuyendo el inventario en proceso y las horas extras.

Herramientas esbeltas aplicadas	Indicador tiempos de entrega (% mensual)	Inventario en proceso (unid x día)	Horas extras (\$ mensual)	Lead time (horas)	tiempo de procesamiento (VA en seg)
Situación Inicial	85%	370	\$ 5831,60	20	1270
Aplicando 5 S	88%	359	\$ 3956,70	16,5	1180
Aplicando 5 S + Kanban	90%	138	\$ 3500,50	13	1180
Aplicando 5 S + kanban + SMED	95%	138	\$ 1153,8	9,8	1070
% de mejoras	10%	63%	80%	51%	16%

Tabla 4.12. Cuadro demostrativo de las mejoras alcanzadas con manufactura esbelta.

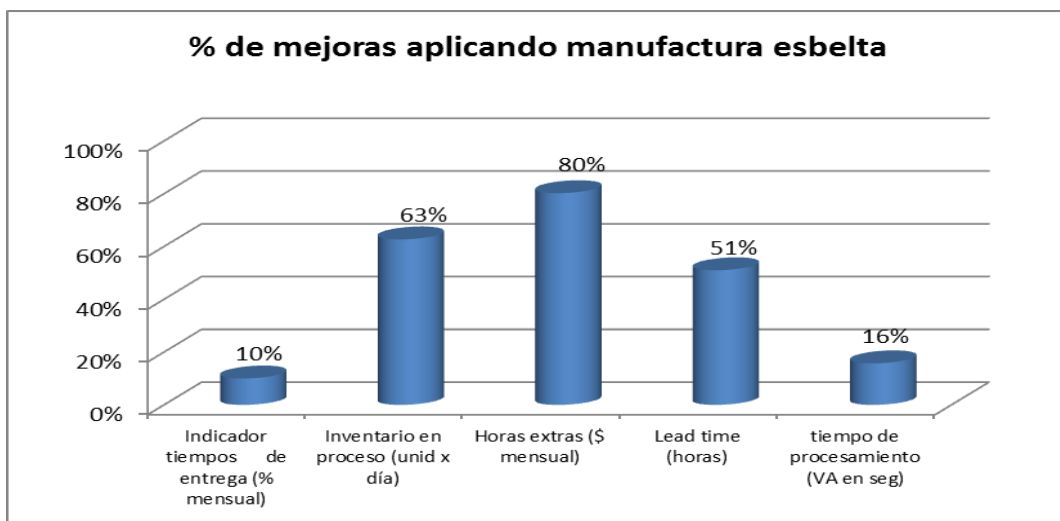


Figura 21. % de mejoras aplicando manufactura esbelta.

## **CAPÍTULO 5**

### **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 Conclusiones y Recomendaciones**

La aplicación de manufactura esbelta permitió mejorar las entregas a tiempo al 95% y poder ofrecer un tiempo de entrega igual o mejor al mercado. El inventario en proceso se redujo en un 63% y las horas extras en un 80%. Esto a su vez llevó que el lead time también se redujera en un 51% junto a los tiempos de ciclos en las áreas de tallado y antirreflejo que fueron reducidos en un 25% y 27,5% respectivamente. Esto ocasiona que la empresa se vuelva competitiva.

Se logró desarrollar la aplicación de herramientas de manufactura esbelta satisfactoriamente como las 5S, kanban y smed muy útiles para dar flexibilidad de repuesta a la planta, eliminando el problema de exceso de inventario en proceso y horas extras innecesarias, permitiendo encontrar una solución óptima para el problema específico de la empresa en estudio

Gracias a las capacitaciones frecuentes que debe tener el personal para mantener la filosofía se nota mejor actitud, motivación y desempeño, mejorando el ambiente de trabajo teniendo las áreas más organizadas y limpias con la cantidad de material necesario solo para satisfacer la demanda.

En este proyecto se demuestra que la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta mejora el funcionamiento de cualquier tipo de planta, y para poder mantener la filosofía esbelta será necesario que toda la organización se involucre y se alinee a los procedimientos que lleven a su cumplimiento.

LA PROBLEMÁTICA DE EXCESO DE INVENTARIO EN MAESTRIA EN CONTROL DE OPERACIONES Y GESTIÓN  
PROCESO Y HORAS EXTRAS EN UNA EMPRESA LOGÍSTICA.  
PRODUCTORA DE LENTES OFTÁLMICAS: PROPUESTA DE  
SOLUCIÓN MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE  
MANUFACTURA ESBELTA.

Es aplicable la herramienta de poka yoke para mejorar la calidad de la empresa, el cual también es una de sus falencias, junto con el tpm para eliminar los desperdicios por paralizaciones de máquinas, ambas herramientas son parte de la manufactura esbelta.

## BIBLIOGRAFIA


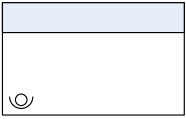
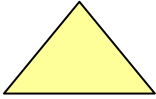





- [1] Wilches, M. J., Cabarcas, J. C., Lucuara, J. y Gonzalez, R. (2013). **Aplicación de herramientas de manufactura esbelta para el mejoramiento de la cadena de valor de una línea de producción de sillas para oficina.** Revista Dimensión Empresarial, vol. 11, Núm. 1, pp. 126-136.
- [2] Hernández J, Vizán A., **Lean Manufacturing conceptos, técnicas e implantación**, EOI, 16-19 p, 2013.
- [3] Santos J., Wysk R., y Torres J., **Improving production with Lean Thinking.**, Ediciones Pirámide, 152-156, 2010.
- [4] Vollman T., Berry W., Whybark D y Jacobs F. **Planeación y control de la producción. Administración de la cadena de suministros 5ta edición.** McGraw- Hill Interamericana, 548-552, 2005.
- [5] Santos J., Wysk R., y Torres J., **Improving production with Lean Thinking.**, Ediciones Pirámide, 204, 2010.
- [6] Hernández J, Vizán A., **Lean Manufacturing conceptos, técnicas e implantación**, EOI, 48-50 p, 2013.
- [7] Chase R., y Jacobs F. **Administración de operaciones. Producción y cadena de suministros 13ava edición.** McGraw- Hill Interamericana, 423-425, 2014.
- [8] Santos J., Wysk R., y Torres J., **Improving production with Lean Thinking.**, Ediciones Pirámide, 25, 2010.

LA PROBLEMÁTICA DE EXCESO DE INVENTARIO EN MAESTRIA EN CONTROL DE OPERACIONES Y GESTIÓN  
PROCESO Y HORAS EXTRAS EN UNA EMPRESA LOGÍSTICA.  
PRODUCTORA DE LENTES OFTÁLMICAS: PROPUESTA DE  
SOLUCIÓN MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE  
MANUFACTURA ESBELTA.

- [9] Goldrat E., y Fox R., M., **La Carrera. En busca de las ventajas competitivas**, Ediciones Castillo 2da edición, p.134, 2001.
- [10] Chase R., Aquilano N., y Jacobs F. **Administración de producción y operaciones 8ava edición**. McGraw- Hill Interamericana, 381-388, 2003.

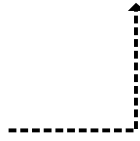
## ANEXOS

### ANEXO 1. Simbología utilizada en el VSM.

Cliente/Proveedor						
Proceso/operarios						
Tabla de datos	<table border="1"><tr><td>Tiempo de ciclo</td></tr><tr><td>Tiempo de preparación</td></tr><tr><td>% de ocupación de Maq.</td></tr><tr><td>Turnos disponibles</td></tr><tr><td>Tiempo disponible</td></tr></table>	Tiempo de ciclo	Tiempo de preparación	% de ocupación de Maq.	Turnos disponibles	Tiempo disponible
Tiempo de ciclo						
Tiempo de preparación						
% de ocupación de Maq.						
Turnos disponibles						
Tiempo disponible						
Inventario/ Kanban						
Flecha de empuje						
Flecha de envió						
Transporte de envió						
Información manual						
Información electrónica						

LA PROBLEMÁTICA DE EXCESO DE INVENTARIO EN MAESTRIA EN CONTROL DE OPERACIONES Y GESTIÓN  
PROCESO Y HORAS EXTRAS EN UNA EMPRESA LOGÍSTICA.  
PRODUCTORA DE LENTES OFTÁLMICAS: PROPUESTA DE  
SOLUCIÓN MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE  
MANUFACTURA ESBELTA.

Flecha de retirada (kanban)



Tiempo de valor agregado (VA) /  
tiempo de valor no agregado (LT)



Estallido Kaizen

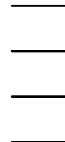
Técnicas de mejora



Control de Producción



Supermercado





## ANEXOS

### Anexo 2 Formato de chequeo de 5 S

Empresa:	Fecha:	
<b>CHECK LIST 5S</b>		
<b>Marca con una x lsu repuesta a cada pregunta</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
Hay materiales innecesarios en su área de trabajo		
Han existido errores en su trabajo debido al desorden y suciedad		
Considera que el área de trabajo está ordenada		
Los materiales, insumos y herramientas están disponibles para su uso		
Existen artículos en el área que no pertenecen a la misma, y no se sabe de donde son		
Está a la vista lo que se necesita para trabajar		
Se cuenta con los materiales e insumos para hacer el trabajo de limpieza		
Retiran la basura del área con frecuencia		
Recogen de inmediato la basura que cae al piso		
Disponen de casilleros para dejar sus artículos personales		
Disponen de casilleros o armarios para guardar las herramientas que se usan para trabajar		
Considera que su área de trabajo se mantiene limpia		
Considera que su área de trabajo se mantiene ordenada		

**Observaciones:**

**¿Qué se podría mejorar en tu área de trabajo?**

---



---



---

LA PROBLEMÁTICA DE EXCESO DE INVENTARIO EN MAESTRIA EN CONTROL DE OPERACIONES Y GESTIÓN  
 PROCESO Y HORAS EXTRAS EN UNA EMPRESA LOGÍSTICA.  
 PRODUCTORA DE LENTES OFTÁLMICAS: PROPUESTA DE  
 SOLUCIÓN MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE  
 MANUFACTURA ESBELTA.

### Anexo 3 Formato de auditoria de 5 S

LBI-PDP-FOR-001											
AUDITORÍA 5s											
EMPRESA:						MES:					
AUDITOR:	MUY MALO	MALO	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE	COMENTARIOS					
AREA:	1	2	3	4	5						
<b>SEPARAR - CLASIFICAR - ORDENAR</b>											
El material que se encuentra en la mesa de trabajo esta ordenado											
Todo los articulos estan el el lugar asignado											
Existen articulos sin uso en el momento en la mesa de trabajo											
Hay objetos en el area que no deberian estar hay											
Los archivos / cajones se encuentran ordenados											
Se encuentran objetos que ya hayan sido observados en auditorias pasadas y aun estan en el mismo sitio											
Se encuentran mas de 3 objetos personales en el area dee trabajo											
Las cajas de produccion se encuentran ordenadas											
<b>LIMPIAR</b>											
El area se encuentra libre de basura y comida											
<b>ESTANDARIZAR</b>											
Hay orden y estandarizacion en las ordenes de produccion											
<b>DISCIPLINA</b>											
El area se encuentra libre de obstrucciones que impidan el paso											
En general considera que el area de trabajo esta limpio, ordenado y organizado											
El personal esta con el mandil de laboratorio											
<b>NO CONFORMIDADES</b>					<b>ACCIONES CORRECTIVAS</b>			<b>RESPONSABLE</b>		<b>FECHA</b>	<b>ESTADO</b>
<b>NOMBRE:</b>					<b>CARGO:</b>			<b>FECHA:</b>			

LA PROBLEMÁTICA DE EXCESO DE INVENTARIO EN MAESTRIA EN CONTROL DE OPERACIONES Y GESTIÓN  
 PROCESO Y HORAS EXTRAS EN UNA EMPRESA LOGÍSTICA.  
 PRODUCTORA DE LENTES OFTÁLMICAS: PROPUESTA DE  
 SOLUCIÓN MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE  
 MANUFACTURA ESBELTA.

**Anexo 4 Cotización de repuestos necesarios para la mejora de  
 tiempos de preparación.**

QUITO ECUADOR		Quotation		
Mode of despatch: DHL Standard Collect Terms of delivery: free carrier Germantown, WI Terms of payment: 60 days net  Remark:		Quotation no./Date 21517605 / 15.09.2016 Referencia no./Date cotizacion / 15.09.2016 Customer no. 12599 Validity period 15.09.2016 until 15.10.2016 Contact person/Telephone ima Aguilera / 262-255-60012 E-Mail ima.aguilera@satisloh.com		
Item	Material / old Material-No. Description	Quantity / Unit	Price Unit USD	Total USD
10	05-904-836 6000221D149 Weiser Ring, 74	10 EA	50,21 / 1	502,10
20	05-050-354 6000003C068 Type "B" 74 Hole/68 Lens Ring	10 EA	27,90 / 1	279,00
30	05-050-355 6000003C070 Type "B" 74 Hole/70 Lens Ring	20 EA	52,43 / 1	1.048,60
40	05-060-322 7500339F269 CRUCIBLE	1 EA	1.341,57 / 1	1.341,57
			Doc. no. / Date 21517605 / 15.09.2016	Page 2
Final amount			3.171,27	

LA PROBLEMÁTICA DE EXCESO DE INVENTARIO EN PROCESO Y HORAS EXTRAS EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE LENTES OFTÁLMICAS: PROPUESTA DE SOLUCIÓN MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE MANUFACTURA ESBELTA.

MAESTRIA EN CONTROL DE OPERACIONES Y GESTIÓN LOGÍSTICA.

## Anexo 5 Cotización de horno para calentamiento de lentes.

QUITO  
ECUADOR

### Quotation

Quotation no./Date  
21517605 / 15.09.2016  
Reference no./Date  
cotizacion / 15.09.2016  
Customer no.  
12699  
Validity period  
15.09.2016 until 15.10.2016  
Contact person/Telephone  
ima Aguilera / 262-255-60012  
E-Mail  
ima.aguilera@satisloh.com

Mode of despatch: DHL Standard Collect  
Terms of delivery: free carrier Germantown, WI  
Terms of payment: 60 days net

Remark:

Item	Material / old Material-No. Description	Quantity / Unit	Price Unit USD	Total USD
1	904-83 Furnace 50 ° - 70 ° C	1 EA	425,15	425,15
	<b>final amount</b>			<b>425,15</b>