

**“PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE
LA EMPRESA SERVIOPTICA LTDA.”**

ELIANA MARÍA GONZÁLEZ NEIRA

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
BOGOTÁ D.C.
ABR-2004

**“PROPUESTA PARA LE MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE
LA EMPRESA SERVIOPTICA LTDA.”**

ELIANA MARÍA GONZÁLEZ NEIRA

Trabajo de Grado presentado como requisito
para optar al título de Ingeniero Industrial

Director: ING. SANTIAGO AGUIRRE MAYORGA

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
BOGOTÁ D.C.
ABR-2004

Bogotá D.C., 3 de mayo de 2004

Señores

COMITÉ DE CARRERA

INGENIERÍA INDUSTRIAL

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

Ciudad

Señores Comité de Carrera:

De la manera más atenta me permito dirigirme a Ustedes con el fin de presentar mi Trabajo de Grado titulado “**PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA EMPRESA SERVIÓPTICA LTDA.**”, el cual considero cumple con los requisitos y normas exigidas por Ustedes.

Declaro conocer y aceptar el reglamento y disposiciones de los trabajos de grado en la Carrera de Ingeniería Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana.

Agradezco su atención y sin otro particular, me suscribo de Ustedes.

Cordialmente,

ELIANA MARÍA GONZÁLEZ NEIRA

C.C. 52.867.173 de Bogotá

Bogotá D.C., 29 de abril de 2004

Señores

COMITÉ DE CARRERA

INGENIERÍA INDUSTRIAL

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

Señores Comité de Carrera:

Por medio de la presente manifiesto mi aceptación y aprobación en calidad de Director del trabajo de grado titulado “**PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA EMPRESA SERVIOPTICA LTDA.**”, elaborado por la estudiante ELIANA MARIA GONZÁLEZ NEIRA, identificada con C.C. 52.867.173 de Bogotá.

Conozco y acepto el reglamento y disposiciones de los trabajos de grado en la Carrera de Ingeniería Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana.

Cordialmente,

SANTIAGO AGUIRRE MAYORGA

C.E. 255079 de Bogotá

Bogotá D.C., 3 de mayo de 2004

Señores

BIBLIOTECA GENERAL

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

Ciudad

Estimados Señores:

Autorizo(amos) a los usuarios interesados, consultar y reproducir (parcial o totalmente) el contenido del trabajo de grado titulado “**PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA EMPRESA SERVIOPTICA LTDA.**”, presentado por la estudiante **ELIANA MARÍA GONZÁLEZ NEIRA**, como requisito para optar el título de INGENIERA INDUSTRIAL, el año 2004, siempre que mediante la correspondiente cita bibliográfica se le dé crédito al trabajo de grado y a su autor.

ELIANA MARÍA GONZÁLEZ NEIRA

C.C 52.867.173

Dedicado a
mi familia,
y a Servi3ptica por
su incondicional apoyo
en todo momento

AGRADECIMIENTOS

Son muchas las personas a quienes debo agradecerles por su apoyo a lo largo de la Carrera y especialmente en este Trabajo:

A Dios por darme la oportunidad de estudiar esta carrera, de llegar a una empresa como Servi3ptica, y darme la familia y todas las personas que me rodean.

A mi familia por ser siempre incondicional, por brindarme todo lo que siempre he necesitado, y por enseñarme tantas cosas que hoy soy. En especial, a Cristina, mi hermana, por esa ayuda y apoyo tan fundamentales para el desarrollo de este trabajo y durante toda mi vida.

A todo el personal de Servi3ptica por su colaboración en todo momento, pero muy especialmente a Adriana Gómez su Gerente de Operaciones, por su confianza y apoyo en todo este proceso, por sus enseñanzas como Ingeniera Industrial y como persona.

A Santiago Aguirre Mayorga, mi Director, por su colaboración y apoyo en todo momento.

A todas aquellas personas que de una u otra forma hicieron un aporte a este trabajo.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	20
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
1.1 LA EMPRESA	21
1.1.1 Líneas de Productos	21
1.1.2 Operaciones sobre las materias primas	22
1.2 ANTECEDENTES	23
2 OBJETIVOS	26
2.1 OBJETIVO GENERAL	26
2.2 FINALIDAD	26
2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26
3 MARCO TEÓRICO	27
3.1 ESTUDIO DEL TRABAJO	27
3.1.1 El estudio de Métodos	27
3.1.1.1 Registro de los hechos	28
3.1.1.1.1 Diagrama de operaciones	28
3.1.1.1.2 Diagrama de flujo del proceso	29
3.1.1.1.3 Diagrama de recorrido	30
3.1.1.1.4 Diagrama de precedencia	30
3.1.1.1.5 La técnica del interrogatorio	31
3.1.1.1.6 Diagrama de Relaciones	31
3.1.2 La medición del trabajo	33
3.1.2.1 El muestreo del trabajo	33
3.2 PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y LOS MATERIALES	35
3.2.1 Manejo de inventarios de materia prima	37
3.2.1.1 Modelo de Cantidades a ordenar para una familia de ítems	37

3.2.1.2 Planeación de Requerimientos de Materiales	38
3.2.1.3 Inventario de seguridad	39
3.3 DIAGRAMAS DE FLUJO DE DATOS (DFD)	40
4. ESTABLECIMIENTO DE ESTANDARES DE TIEMPO	43
4.1 DEFINICIÓN DE LA METODOLOGÍA A UTILIZAR	43
4.2 DEFINICIÓN DEL PLAN DE TRABAJO	44
4.2.1 Cálculo del número de observaciones	44
4.2.2 Determinación de la frecuencia de las observaciones	45
4.2.3 Cómo se efectuaron las observaciones	47
4.3 RESULTADOS	48
5 REDISEÑO DE LOS MÉTODOS DE TRABAJO EN LOS PROCESOS DE PRODUCCION	53
5.1 DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO DE PRODUCCION	53
5.2 ANÁLISIS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN, PROBLEMÁTICA Y GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	58
5.2.1 Propuestas por medio del análisis de los tiempos tomados	58
5.2.2 Propuestas a través del análisis de herramientas macro	61
5.2.3 Propuestas a través del análisis del Balanceo de líneas	67
6 PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y LOS MATERIALES	69
6.1 CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LA SITUACIÓN ACTUAL	69
6.2 PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN	70
6.2.1 Planeación agregada y evaluación de la planeación	72
6.2.2 Asignación de recursos diarios y consulta de trabajos	74
6.3 PLANEACIÓN DE LOS MATERIALES	77
6.3.1 Objetivo de la planeación	77
6.3.2 Selección de los modelos a aplicar	77
6.3.3 Selección de las materias primas con las que se evaluarían los modelos	78
6.3.4 Datos tomados para la evaluación de los modelos	79
6.3.5 Los modelos a aplicar	80
6.3.5.1 Planeación de Requerimientos de Materiales (MRP)	80
6.3.5.2 Modelo Cantidades a ordenar para una familia de productos	85
6.3.6 Evaluación de desempeño de los modelos propuestos, vs. el sistema actual	88
7 ANALISIS COSTO BENEFICIO	95
7.1 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	86

7.1.1 Descripción general	95
7.1.2 Escenarios	96
7.1.2.1 Escenario pesimista	96
7.1.2.2 Escenario normal	96
7.1.2.3 Escenario optimista	96
7.1.2.4 Punto de equilibrio	97
7.1.3 Definición de la TREMA	97
7.1.4 Los rubros	99
7.2 RESULTADOS	108
7.2.1 Escenario pesimista y punto de equilibrio (situación 1)	108
7.2.2 Escenario normal	109
7.2.3 Escenario optimista	110
7.2.4 Punto de equilibrio (situación 2)	111
7.3 ANÁLISIS	112
8. CONCLUSIONES	113
9. RECOMENDACIONES	115
BIBLIOGRAFÍA	116
ANEXOS	117

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Líneas de Productos	21
Cuadro 2. Tiempos internos de duración de trabajos por tipo de trabajo	22
Cuadro 3. Trabajos atrasados entre el 1 de enero y el 31 de marzo de 2003	23
Cuadro 4. Relaciones para la planeación Sistemática de la Distribución (PSD)	31
Cuadro 5. Horas de muestreo de acuerdo a números aleatorios	45
Cuadro 6. Ejemplo de horas muestreadas en uno de los días observados	46
Cuadro 7. Ejemplo de cálculo de tiempos por operación	49
Cuadro 8. Tiempos estándar resultantes del muestreo	50
Cuadro 9. Operaciones, inspecciones y operaciones/inspecciones del proceso de producción	53
Cuadro 10. Tiempos por operaciones y actividades con lotes de 15 y 20 trabajos	58
Cuadro 11. Tiempos totales por tipo de trabajo con lotes de 15 y 20 trabajos	59
Cuadro 12. Tiempos totales por tipo de trabajo con lotes de 6	60
Cuadro 13. Problemáticas del proceso de producción y sus soluciones	61
Cuadro 14. Estrategias para el cubrimiento de la demanda y su aplicación en la empresa	71
Cuadro 15. Utilización real de la capacidad por servicios para el año 2003	75
Cuadro 16. Participación de cada proveedor según demanda, costo total y cantidad de materias primas que provee	78
Cuadro 17. Modelo del cuadro de evaluación del Modelo MRP	82
Cuadro 18. Modelo del cuadro de evaluación del Modelo Cantidades a ordenar para una familia de productos	86

Cuadro 19. Costos fijos y variables de cada modelo de manejo de inventarios	88
Cuadro 20. Evaluación de factores para los modelos actual y propuestos de manejo de inventarios	90
Cuadro 21. Ponderación de los factores a evaluar	91
Cuadro 22. Calificación de cada uno de los factores en cada modelo de inventarios	92
Cuadro 23. Índice de precios al consumidor: años 2001 a 2003	98
Cuadro 24. Presupuesto de remodelaciones primer piso ServiÓptica Ltda.	99
Cuadro 25. Costos de capacitación en nuevos métodos de trabajo	100
Cuadro 26. Costos de capacitación en nuevos modelos de planeación de la producción y los materiales	100
Cuadro 27. Costos de mantenimiento y modificaciones a modelos de planeación de la producción y los materiales	102
Cuadro 28. Ventas en pesos y cantidades del año 2003	105

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Estructura Diagrama de operaciones	24
Figura 2. Estructura Diagrama de Flujo	25
Figura 3. Estructura Diagrama de Precedencia	26
Figura 4. Estructura Diagrama de Relaciones	28
Figura 5. Niveles jerárquicos de la planeación de la producción	31
Figura 6. Diagrama de Flujo de datos por niveles	37
Figura 7. Relaciones entre los procesos de producción	48
Figura 8. Ejemplo del comportamiento diario de la demanda de materias primas	78

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Formato para el muestreo del trabajo	117
Anexo B. Observaciones por persona y total tiempo por actividad	119
Anexo C. Diagrama de Rutas	127
Anexo D. Diagrama de Operaciones actual	129
Anexo E. Diagramas de Precedencia	135
Anexo F. Diagramas de Flujo actuales	140
Anexo G. Diagramas de Recorrido actual	147
Anexo H. Diagrama de relaciones	149
Anexo I. Restricciones	151
Anexo J. Diagrama de Operaciones propuesto	153
Anexo K. Diagramas de Flujo propuestos	158
Anexo L. Diagrama de recorrido propuesto	163
Anexo M. Diagramas de precedencia propuestos	165
Anexo N. Instructivo toma, engavetado e ingreso de pedidos al sistema	168
Anexo O. Instructivo selección de MP y descarga del sistema	174
Anexo P. Tiempos nuevas operaciones	176
Anexo Q. Balanceo de línea propuesto	179
Anexo R. Balanceo de línea actual	197
Anexo S. Instructivo planeación de la Producción	199
Anexo T. Diagrama de flujo de datos. Distribución de recursos en producción	205
Anexo U. Diagrama de Flujo de datos modelo MRP	213
Anexo V. Cálculo de los parámetros T y Qi del modelo “Cantidades a ordenar para una familia de productos”	218
Anexo W. Diagrama de Flujo de datos modelo “Cantidades a ordenar para una familia de productos”	230
Anexo X. Procedimiento para la planeación de la producción y los materiales	238

Anexo Y. Cotización bandas transportadoras	243
Anexo Z. Cotización lectores de código de barras	251
Anexo AA. Amortización del Leasing	253

LISTA DE HERRAMIENTAS PROTORIPO EN EXCEL

Herramienta 1. Programa para la planeación de la producción y las operaciones

Herramienta 2. Modelo MRP

Herramienta 3. Modelo “Cantidades a ordenar para una familia de productos”

GLOSARIO

AR: tratamiento antirreflejo (capa antireflectiva) que se le da a los lentes para que no reflejen la luz.

BIFOCAL: tipo de lente que tiene dos focos de visión, uno para cerca y otro para lejos.

BISELADO O PROCESO DE BISEL: proceso de producción en el que se da a los lentes terminados y tallados, la forma exacta de la montura y/o las coquillas.

COQUILLAS: lentes sin fórmula con que vienen las monturas nuevas.

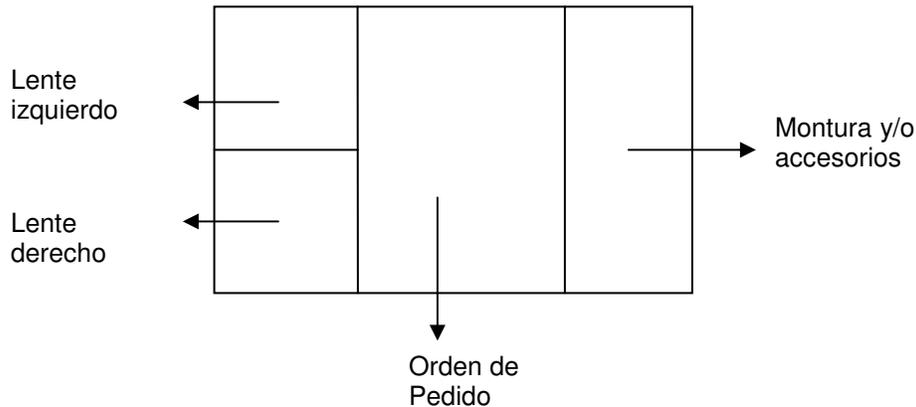
ENGAVETADO: operación previa al inicio de la producción en la que se revisa que la orden del cliente tenga toda la información necesaria y correcta para hacer el trabajo, y que los elementos que él envía estén en el estado adecuado requerido. Los elementos se organizan en una gaveta para su adecuada identificación, protección y procesamiento.

DMS: Sistema de información de la empresa, que contempla todas las áreas de la empresa (Finanzas, Nómina, mercadeo, Producción, etc.)

ESTÁNDAR DE TIEMPO O MANO DE OBRA: tiempo que emplea un trabajador promedio en cumplir una labor bajo unas condiciones de trabajo determinadas.

FÓRMULA: especificaciones de aumento, grados, adiciones y otras variables que tienen los lentes de acuerdo con lo que le ha formulado el optómetra u oftalmólogo al paciente.

GAVETA: Caja con 4 compartimentos organizados como se muestra a continuación, para colocar la materia prima, montura, orden de pedido y otros accesorios de los trabajos hechos en biselado.



INNOVATIONS: Sistema de información de las áreas de Tallado y Biselado, que es propio de la maquinaria.

LENTES TERMINADOS: son aquellos que ya vienen con una fórmula específica.

MATERIA PRIMA EN BRUTO O BASES: son lentes no terminados que sirven para un rango de fórmulas, y al tallarlos se les da la fórmula exacta.

MONOFOCAL: tipo de lente que tiene un solo foco de visión (una única fórmula), ésta puede ser para ver de lejos, visión mediana o cercana.

MONTURAS 3 PIEZAS: monturas que se componen de 3 piezas separadas (dos brazos y un puente), y cuyos lentes se colocan en ellas por medio de tornillos.

MONTURAS AL AIRE: monturas que no tienen aro completo, solo lo tienen en la parte superior o la inferior.

MONTURAS NORMALES: monturas de aro completo, pueden ser plásticas o metálicas.

PERFORACIÓN: proceso en el que se perforan los orificios a aquellos lentes que serán montados en monturas 3 piezas.

PROGRESIVO: tipo de lente multifocal, es decir, que tiene múltiples focos de visión y por tanto cubre visión cercana, mediana y lejana.

RANURACIÓN: proceso en el que se hace una ranura (canal) en los bordes de los lentes que serán montados en monturas al aire.

TALLADO: proceso de producción en el que se da la fórmula exacta a la materia prima en bruto.

INTRODUCCION

Una de las áreas fundamentales de las empresas manufactureras es precisamente el área productiva, pues de ella depende gran parte de la satisfacción del cliente en lo referente al producto por sí mismo (sus características y especificaciones), su disponibilidad cuando es solicitado y el cumplimiento en su entrega.

Sumando a esto, que para las empresas hoy en día, el eje que mueve toda la cadena de abastecimiento es el cliente, pues es el que acciona el funcionamiento de la cadena de abastecimiento, se hace importantísimo y primordial tener la capacidad de retenerlo y de conseguir más clientes, permitiendo así a las empresas mantenerse en el mercado y lograr el crecimiento.

En este trabajo se hace una propuesta para el mejoramiento de los procesos productivos de Servióptica (empresa fabricante de lentes oftálmicos), con el fin de que ellos puedan mejorar el funcionamiento de su área productiva para tener una mayor satisfacción de sus clientes y continuar así consolidándose como una de las mejores ópticas del país. Además, se pretende mostrar con este trabajo, una pequeña muestra de la excepcional y gran cantidad de herramientas versátiles que nos ofrece la ingeniería industrial, para obtener un mejoramiento continuo, que sea base para el logro de las metas de las diferentes industrias, una verdadera gestión empresarial.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 LA EMPRESA

Servióptica es una empresa manufacturera, dedicada al procesamiento y comercialización de lentes oftálmicos y a la compra y distribución de sus monturas. Inició actividades como laboratorio óptico en 1982 en todo lo referente al proceso de bisel. En 1987 instaló su primer laboratorio de talla en Bogotá, D.C., y desde entonces año tras año ha adquirido nuevas tecnologías para ambos procesos en procura de conseguir una mayor calidad y eficiencia en sus operaciones, para satisfacción de sus clientes. Desde 1993, se ha ampliado substancialmente la gama de productos ofrecida al cliente, buscando siempre un mejoramiento continuo, y cumpliendo las normas de calidad ANSI Z 8.01¹.

1.1.1 Líneas de Productos

Los lentes que ofrece la empresa se dividen de acuerdo a los focos de visión en monofocales, bifocales y progresivos, como se indica en el Cuadro 1. Cada uno de estos tipos se ofrece en diferentes materiales, según la fórmula y características establecidas por el cliente.

¹ ANSI Z80.1 1997 (American National Standard for Ophthalmics). Norma que presenta los estándares de calidad en cuanto a tolerancias de las medidas para los productos oftálmicos.

Cuadro 1. Líneas de Productos

Focos de Visión	Material
Monofocales	Plástico
	Policarbonato
	Alto índice
	Vidrio
Bifocales	Plástico
	Policarbonato
	Alto índice
	Vidrio
Progresivos	Plástico
	Policarbonato
	Alto índice
	Vidrio

Fuente: Jefatura de producción

Además de lo anterior, cada uno de estos tipos de lentes puede venir y/o se le pueden aplicar otras características especiales como son:

- Transitions: lentes que tienen una película que los cubre, la cual reacciona ante la luz solar (oscureciéndose o aclarándose dependiendo de la intensidad de la misma)
- Colormatic: es un material que se mezcla a los lentes de policarbonato o alto índice para darles la propiedad de oscurecerse o aclararse de acuerdo con la intensidad de los rayos ultravioleta

1.1.2 Operaciones sobre las materias primas

Los servicios (procesos u operaciones) que se pueden efectuar sobre las materias primas anteriormente mencionadas son:

- Tallado
- Biselado
- Capa antirrayas (RLX): lentes que tienen una capa protectora llamada RLX que da mayor resistencia a ser rayados
- Color: capa de color que se coloca a los lentes cuando así es solicitado por los clientes
- Filtros: son capas con filtros UV (que protegen de los rayos ultravioleta), VDT (que dan un confort frente a las pantallas)

1.2 ANTECEDENTES

Aunque la empresa ha propendido por mejorar varios de sus procesos productivos (obtención de la certificación ISO 9001, en los procesos operativos, de apoyo y gerenciales), aun existen falencias en muchos puntos importantes de los mismos, especialmente los relacionados con la oportunidad en la entrega; es decir, el cumplimiento del tiempo en que la empresa se compromete a entregar un trabajo, de acuerdo con las características del mismo.

En este sentido, la empresa tiene establecido un tiempo estándar de elaboración de los trabajos desde que se ingresan las especificaciones de los mismos al Sistema DMS hasta que se facturan, como se observa en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Tiempos internos de duración de trabajos por tipo de trabajo

TIPO DE TRABAJO	TIEMPO ESTANDAR
Bisel	4 horas
Bisel + AR	1,5 días (de trabajo) = 12 horas
Bisel + Perforación/Ranuración	1 día = 8 horas
Bisel + AR + Perforación/Ranuración	2 días = 16 horas
Talla	4 horas
Talla + AR	1,5 días = 12 horas
Talla + Bisel	1 días = 8 horas
Talla + Bisel + AR	2 días = 16 horas
Talla + Perforación/Ranuración + AR	2 días = 16 horas
Talla + Bisel + Perforación/Ranuración	1,5 días = 12 horas
Talla + Bisel + AR + Perforación/Ranuración	2,5 días = 20 horas

Fuente: Grupo Coordinador del Sistema de Gestión de la Calidad.
C:ISO900/LABORATORIO/DOCUMENTOS/TIEMPOS INTERNOS DE DURACION DE TRABAJOS POR TIPO DE TRABAJOS

De acuerdo con las estadísticas de la empresa en cuanto a la duración de los trabajos en su proceso de elaboración, se ha recolectado la información que aparece en el Cuadro 3.

Esta cuadro indica por mes, el número de trabajos elaborados, y de ellos, el número de trabajos atrasados (es decir, aquellos que sobrepasaron los tiempos estándar establecidos por la empresa, por cada tipo de trabajo) y su porcentaje respecto a los primeros. El cuadro sólo incluye los trabajos de bisel, talla y talla + bisel, dado que estos son los mayoritarios, dentro de la producción ordinaria de la empresa.

Cuadro 3. Trabajos atrasados entre el 1 de enero y el 31 de marzo de 2003*

BISEL			
MES	ELABORADOS	ATRASADOS	% ATRASADOS
Enero	1541	1113	72,2%
Febrero	6022	4503	74,8%
Marzo	16354	10494	64,2%
TALLA			
MES	ELABORADOS	ATRASADOS	% ATRASADOS
Enero	642	539	84,0%
Febrero	1310	928	70,8%
Marzo	2205	1627	73,8%
TALLA + BISEL			
MES	ELABORADOS	ATRASADOS	% ATRASADOS
Enero	1072	775	72,3%
Febrero	2291	1643	71,7%
Marzo	4762	3623	76,1%
CONSOLIDADO			
MES	ELABORADOS	ATRASADOS	% ATRASADOS
Enero	3255	2427	74,6%
Febrero	9623	7074	73,5%
Marzo	23321	15744	67,5%

Fuente: Sistema DMS

* Aunque esta información corresponde a un período corto de tiempo, es la única disponible de este tipo en el actual sistema de información de la empresa, y es también, de acuerdo al personal directivo, la tendencia representativa de la dinámica de entregas durante los dos últimos años.

Como se indica en el Cuadro 3, el porcentaje de trabajos atrasados es excesivamente alto, si se tiene en cuenta que la empresa pretende idealmente que nunca existan trabajos atrasados, o que éste porcentaje, sea lo más próximo a 0%.

- En la empresa no hay ningún tipo de planeación de la producción. Se tiene la información requerida para hacerlo, pero no se utiliza, por el contrario, la jefatura de producción está constantemente resolviendo problemas diarios y no toma tiempo para la planeación.
- No hay un adecuado control de inventarios. En el área de depósito se tiene en existencia grandes cantidades de materia prima y materiales que no se usan en determinado momento, hay faltantes en otros y no se tiene un método definido para establecer el óptimo nivel de cada producto.
- Los métodos de producción no son los más adecuados, pues aunque existen instructivos y procedimientos que indican como se deben realizar las operaciones y

como deben interactuar los procesos, no existe un estándar establecido para cada operación, no se conocen suficientemente las operaciones críticas de las cuales depende la producción, y de las que se conocen no se concentran los esfuerzos suficientes de planeación para mejorar ésta área.

- La empresa tiene un sistema de información actualizado que ofrece o puede llegar a ofrecer (si el área de sistemas da la orientación adecuada y en el momento oportuno a los usuarios) información precisa que apoye la toma de decisiones en todas las áreas y además se cuenta con estadísticas especiales para los procesos operativos; sin embargo, no existe una conciencia total de la importancia de utilizar dicha información (especialmente en los procesos operativos) y como hacerlo para mantenerse en un mejoramiento continuo dando soluciones ágiles y adecuadas en el momento preciso que prevengan futuros errores y/o que eviten reincidir en los mismos.

De acuerdo con los problemas anteriormente mencionados, se han propuesto los objetivos a desarrollar en este trabajo, con el fin de mejorar los tiempos de producción y el nivel de servicio al cliente.

Cada uno de los objetivos se desarrolla en capítulos separados y consecutivos, en el mismo orden en que se indican en el capítulo 2, a excepción de los objetivos específicos 3 y 4, que se desarrollan conjuntamente en el capítulo 6.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar y/o rediseñar procedimientos para el mejoramiento de los procesos productivos, que ajustados a la estructura y funcionamiento actual de la empresa en estudio, favorezcan el mejoramiento de los tiempos de producción, y el nivel de servicio al cliente de acuerdo a los estándares requeridos.

2.2 FINALIDAD

Contribuir a conseguir la oportunidad en la entrega de los productos terminados de la empresa en estudio.

2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Establecer estándares de tiempo para cada una de las operaciones pertenecientes a los procesos operativos comprendidos entre engavetado de trabajos y facturación de los mismos.
2. Rediseñar los métodos de trabajo para las áreas de producción de tal manera que se logre el cumplimiento de los estándares de tiempo para la elaboración de trabajos.
3. Diseñar el *proceso de planeación de la producción y los materiales*, para que permita una ejecución eficiente de las órdenes de los clientes.
4. Diseñar un procedimiento para que los procesos productivos utilicen adecuadamente la información proporcionada por los sistemas de información de la empresa y las estadísticas generadas por el departamento de calidad, con el fin de que se puedan tomar decisiones oportunas en cuanto a planeación de la producción, planeación de requerimientos de materiales y suministro de información a los clientes sobre sus trabajos.
5. Elaborar un análisis beneficio/costo de la implantación de las mejoras propuestas y/o las metodologías diseñadas en este proyecto.

3 MARCO TEÓRICO

3.1 ESTUDIO DEL TRABAJO

3.1.1 El estudio de Métodos

La productividad de la mano de obra se ve directamente afectada por la maquinaria, herramientas, materiales y los métodos de trabajo utilizados por los trabajadores. El objetivo principal de mejorar estos métodos, es incrementar la productividad al aumentar la capacidad de producción de las distintas operaciones. Para que este proceso sea exitoso, es importante indagar las razones por las cuales un trabajo se hace de una manera determinada y con unos componentes específicos, y cómo podría esto llegar a mejorarse².

Una de las técnicas principales para reducir la cantidad de trabajo, principalmente con la eliminación de movimientos innecesarios de material y de personal, es el *estudio de métodos* que se define como “el registro y examen crítico y sistemático de los modos de realizar actividades, con el fin de efectuar mejoras”³. Con esto se quiere decir, que el estudio de métodos permite identificar soluciones potenciales de mejora, hacer propuestas para su mejoramiento y seleccionar las que mejor se adecuen. Así mismo, esto implica que es un estudio que siempre se podrá realizar independientemente de cuán mejor se crean que están las cosas. Es algo que permite un mejoramiento continuo de las actividades de la empresa, siempre en busca de un cumplimiento más efectivo de las mismas.

Las etapas principales del estudio de métodos son la selección del trabajo que se va a estudiar, el registro de todos los hechos relacionados con dicho trabajo, un examen y análisis del modo en que se realiza dicho trabajo, establecer posibles soluciones de

² NORMAN, Gaither; y FRAZIER, Greg. Administración de producción y operaciones. Cuarta edición. Thompson editores. 1999. Pag. 594.

³ OIT (Oficina internacional del Trabajo). Introducción al Estudio del Trabajo. Cuarta edición revisada. Editorial Limusa, México, 1998. pag 77

mejora, evaluar dichas soluciones, definir el nuevo método de realizar las actividades presentándolo clara y precisamente a las personas competentes, implantarlo y controlar su aplicación.

3.1.1.1 Registro de los hechos

Una vez elegido el trabajo a estudiar, se deben registrar todos los hechos relativos al método existente. Entre las técnicas más comunes que existen para esta etapa se encuentran los diagramas de proceso, flujo, recorrido, precedencia, de relaciones, entre otros; cada uno de los cuales tiene una utilidad específica que permitirá un adecuado y completo análisis de los métodos existentes.

3.1.1.1.1 Diagrama de operaciones (figura 1): muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones e inspecciones que integran un proceso para lograr un producto elaborado o semi-elaborado. Este muestra detalles de manufactura como materiales y tiempos. El diagrama de operaciones se elabora por medio de cuatro símbolos. Dos principales y dos auxiliares.

- Principales:
 - Operación: es toda aquella actividad que hace avanzar el material o elemento un paso más hacia el final, o modificando su forma, o su composición química, o añadir o quitar elementos, o preparar cualquier actividad que favorezca la terminación del producto⁴. Este se denota con un círculo de 10mm de diámetro.
 - Inspección: Es el examen que se hace como requisito del proceso en cualquiera de sus partes, para determinar conformidad con un estándar pre-establecido que puede ser cualitativo o cuantitativo (especificaciones del producto). Se denota por un cuadrado cuyas aristas tienen un tamaño de 10mm.
- Auxiliares:
 - Línea de flujo: sirve para conectar los símbolos principales en cualquiera de sus órdenes. La línea de flujo muestra el curso o flujo general del proceso.
 - Línea conectora: sirve para mostrar toda entrada de material que tenga el proceso en cualquiera de sus partes. Dichos materiales deberán ser parte integrante del producto únicamente. Se representa como una línea horizontal.

⁴ Ibid., pag. 85

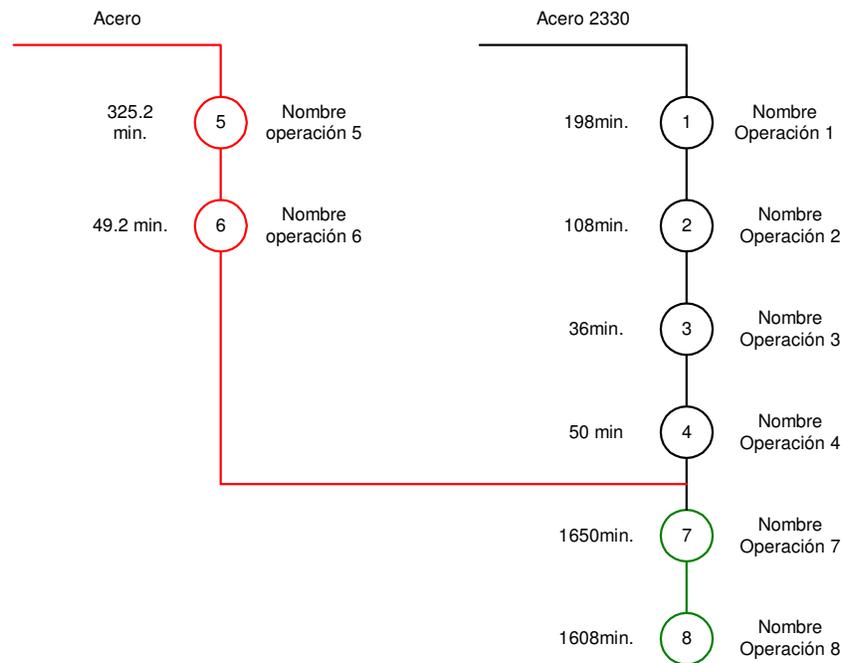


Figura 1. Estructura Diagrama de operaciones

3.1.1.1.2 Diagrama de flujo del proceso (figura 2): Es una herramienta más detallada que el diagrama de operaciones, pues analiza todo el proceso incluyendo los “costos ocultos”⁵ que allí se encuentran. Además de contener los elementos mencionados anteriormente en el Diagrama de Operaciones, contienen también:

- Transporte: el cual se define como todo desplazamiento de personas realizado en la planta mayor a 1,5 mts.
- Retraso: toda acumulación de materiales entre dos operaciones por una causa que puede ser controlada o susceptible de ser mejorada
- Almacenamiento: toda acumulación de materiales entre dos operaciones, cuya causa es debida a un requisito del proceso.

⁵ Los costos ocultos del proceso productivo se refieren a las distancias recorridas (transportes), demoras y almacenamientos temporales.

DETALLES DEL MÉTODO		POSIBILIDADES											Observaciones					
		OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	RETRASO	ALMACENAJE	OPERACIÓN E INSPECCIÓN	Distancia mts.	Cantidad	Tiempo	Eliminar	Combinar		Secuencia	Lugar	Persona	Mejorar	
Actual	<input checked="" type="checkbox"/>																	
Propto.	<input type="checkbox"/>																	
1	Demora 1	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			0.24 min/jer	<input checked="" type="checkbox"/>								
2	Transporte 1	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	15.3 mts.	10000 silq / 1/4gal		<input checked="" type="checkbox"/>								
3	Operación/inspección 1	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>								
4	Operación 1	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>								
5	Operación 2	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>								

Figura 2. Estructura Diagrama de Flujo

3.1.1.1.3 Diagrama de recorrido: Muestra sobre un plano a escala de la planta, el desarrollo o recorrido que sigue el proceso físico en la planta. Para esto es necesario tomar el plano arquitectónico de la planta e incorporarle todos los recursos tales como máquinas, equipos, puestos de trabajo dibujados en la misma escala en la que está el plano. Sus símbolos son los mismos que utiliza el diagrama de flujo.

Entre los objetivos del diagrama de recorrido, se encuentran: lograr que el fluido del proceso sea lo más lineal posible, evitando al máximo los reflujos del proceso, y minimizar lo máximo posible todos los cruces de las líneas de flujo.

Para facilitar la lectura de los diagramas de operaciones y recorrido, se utiliza el código de colores para identificar los diferentes procesos de toda la producción. Estos se utilizan del más oscuro al más claro, siguiendo el orden de la numeración, y son: negro, rojo, verde, azul y amarillo.

3.1.1.1.4 Diagrama de precedencia (figura 3): Muestra las restricciones reales que en términos de la secuencia de las operaciones tienen el o los procesos que integran el objeto de estudio. El diagrama se debe dibujar de izquierda a derecha de tal manera que entre más a la derecha se encuentre una operación, se entiende que dicha operación tiene más restricciones de precedencia. Los símbolos que se utilizan son el de operación y la línea de flujo.

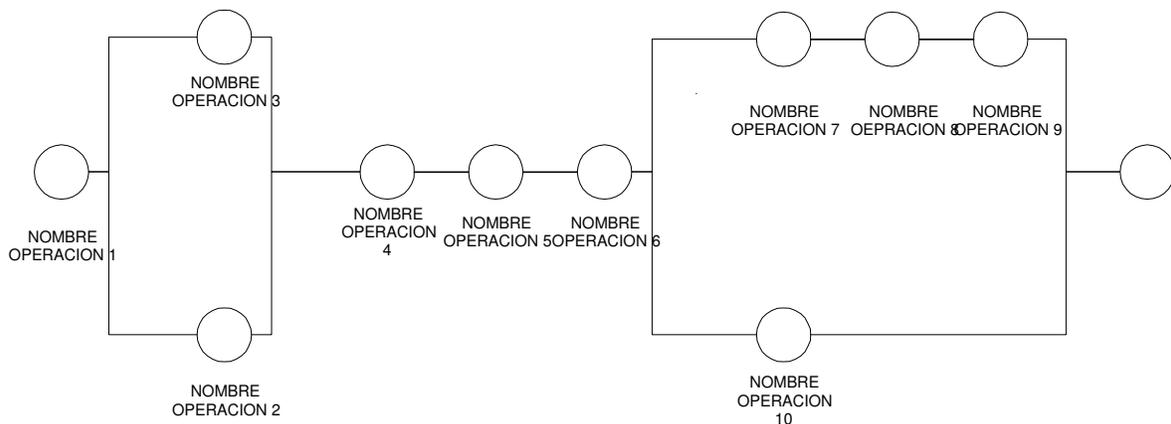


Figura 3. Estructura Diagrama de Precedencia

3.1.1.1.5 La técnica del interrogatorio: Es un método donde se efectúa una serie de interrogantes en 5 aspectos fundamentales de cada actividad con el fin de lograr la mayor proporción posible de actividades productivas, eliminando al máximo actividades que no sean productivas por necesarias que parezcan. La lista completa de interrogaciones se reparte en cinco aspectos de las actividades cada una de las cuales tiene unas preguntas, que permitirán llegar a soluciones propuestas para mejorar las operaciones:

- PROPÓSITO: son preguntas que se refieren al objetivo y a la finalidad de la operación, con el fin de eliminar las actividades que sean verdaderamente innecesarias⁶.
- LUGAR, SUCESIÓN y PERSONAS: se preguntan respectivamente por dónde se ubican las operaciones y por qué; en qué momento se hacen, por qué y en que otro podrían hacerse; y quiénes lo realizan y quienes podrían realizarlo. Con estas preguntas se pueden hacer propuestas en cuanto a combinación de operaciones, orden de las mismas en cuanto a secuencia y también en cuanto a ubicación.
- MEDIOS se refiere al cómo se hacen las operaciones y de qué otro modo podrían hacerse con el fin de encontrar otras metodologías para realizar las operaciones más eficazmente.

3.1.1.1.6 Diagrama de Relaciones

⁶ OIT (Oficina internacional del Trabajo), Op. cit., pag 98

Para hacer una mejor distribución de los procesos dentro de la planta, se puede utilizar esta herramienta, que después de definir la importancia en la cercanía entre dos áreas o procesos, permite buscar una distribución más adecuada de los mismos para cumplir con esas relaciones⁷. Existen 6 categorías de importancia de las relaciones que se muestran en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Relaciones para la planeación Sistemática de la Distribución (PSD)⁸

Relación	Simbología
Absolutamente necesaria	A
Especialmente importante	E
Importante	I
Ordinario	O
No importante	U
No deseable	X

Teniendo en cuenta estas categorías, se definen en primer lugar las áreas o procesos que van a estar dentro de la planta, y se colocan en una matriz que cruza unas áreas con otras (figura 4). Dentro de las celdas de cruce se coloca la calificación de la relación, y se hace un análisis posterior que permita lograr una distribución adecuada.

⁷ RUSSELL, Roberta y TAYLOR, Bernard. Operations Managemet. Editorial Prentice Hall USA, 2000. Cp 7 p. 288.

⁸ NIEBEL, Benjamín y FREIVALDS, Andris. Ingeniería Industrial. Métodos, estándares y Diseño del Trabajo. Edición10. Editorial Alfaomega, México 2001. Cap. 3 p.102.

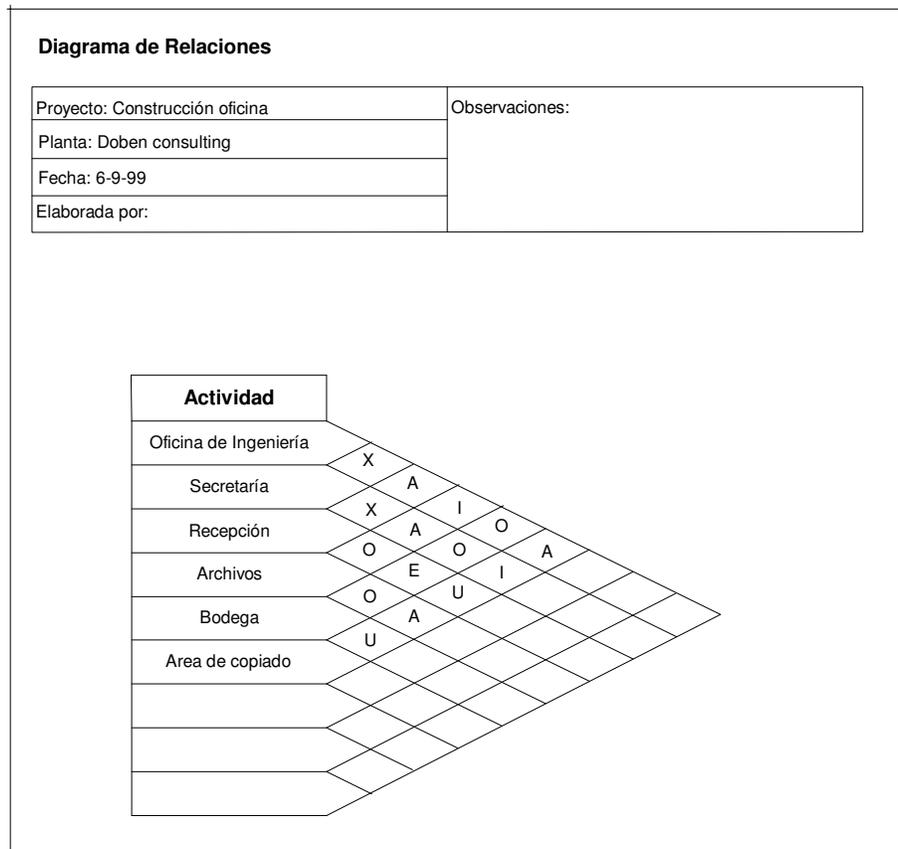


Figura 4. Estructura Diagrama de Relaciones

3.1.2 La medición del trabajo

La medición del trabajo es la determinación de los estándares de tiempo o mano de obra que han de ser utilizados para la planeación y control de las operaciones, mejorando así la productividad de la mano de obra⁹. Existen dos formas para establecer los estándares de mano de obra que son, el estudio de tiempos y el muestreo del trabajo. A continuación se explica en detalle el muestreo del trabajo, herramienta utilizada en este proyecto para el establecimiento de los tiempos estándar.

3.1.2.1 El muestreo del trabajo

La teoría de muestreo del trabajo es una técnica usada para conocer las proporciones del tiempo total dedicadas a las distintas actividades que constituye un proceso. Sus

⁹ EVERETT, Adam. Administración de la producción y las operaciones. Conceptos, modelos y funcionamiento. Cuarta Edición. Prentice Hall Hispanoamericana S.A. 1991. Pag. 344-353.

resultados sirven para determinar la utilización de máquinas, los suplementos aplicables a las tareas y los tiempos estándar¹⁰.

Esta técnica se basa en la ley fundamental de la probabilidad, en la que si el tamaño de la muestra es lo suficientemente grande y las observaciones se efectúan aleatoriamente, existe una gran probabilidad de que esas observaciones reflejen la realidad con un margen de error. Dada la importancia del tamaño de la muestra para que los resultados sean realmente representativos, se debe establecer un nivel de confianza, el cual nos indica que en un porcentaje determinado (el escogido) se van a presentar la mayoría de los resultados. Por ejemplo, si se escoge un nivel de confianza del 95%, se puede decir, que el 95 % de los casos se encuentran en el intervalo de ± 1.96 veces la desviación estándar.

Teniendo esto elegido, se debe realizar una estimación preliminar (por medio de un muestreo aleatorio) que de el porcentaje de actividades improductivas y el de actividades productivas. Con esta proporción, el nivel de confianza deseado y el error estándar de la proporción, se pueden calcular el número de observaciones, como se ve en la fórmula a continuación:

$$n = z * p * q / e^2$$

donde,

e = error estándar de la proporción

p = porcentaje de tiempo improductivo

q = porcentaje de tiempo productivo

n = número de observaciones o tamaño de la muestra

z = número de desviaciones estándar de acuerdo con el nivel de confianza escogido

Con el número de observaciones a tomar calculadas, se debe determinar su frecuencia, con el fin de cumplir el requisito de ser tomadas aleatoriamente. Para esto se pueden generar números aleatorios o escogerlos de la tabla de números aleatorios, en un rango que vaya hasta el número de minutos del período muestreado en períodos de 10 minutos, es decir, si la jornada laboral a muestrear es de 8 horas, que equivalen a 480 minutos, se divide en 48 períodos de 10 minutos cada uno. Una vez se tengan los números aleatorios,

¹⁰ NIEBEL y FREIVALDS, Op. cit., Cap. 14 p.512

a estos se les asigna la hora correspondiente del día en la que hay que tomar las muestras. De esta manera si el primer número aleatorio es 5 y la jornada laboral comienza a las 7 de la mañana, se multiplica el 5 por 10 y se le suma a 7, así la primera muestra será a las 7:50 a.m., y así sucesivamente se hace con los demás números.

Cuando se tenga la frecuencia de las observaciones se deben elaborar las hojas de registro de las mismas, acorde con los objetivos del estudio, facilitando su recolección¹¹.

3.2 PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y LOS MATERIALES

La planeación de la producción y la programación de las operaciones, se centran en el volumen y tiempo de producción de los productos, la utilización de la capacidad de las operaciones, y el establecimiento de un equilibrio entre los productos y la capacidad para asegurar la eficiencia competitiva de la organización¹².

Existen niveles jerárquicos de planeación que se enlazan de arriba hacia abajo para apoyarse entre sí, como se puede observar en la figura 5. En primer lugar está el plan agregado de producción, que con la ayuda de los pronósticos define la demanda agregada (una unidad común a una familia de productos) de un período de tiempo establecido, y la transforma en esquemas alternativos de cómo utilizar los recursos (humanos, materiales, máquinas, etc.) para suministrar la capacidad necesaria de producción que satisfaga dicha demanda agregada.

En el segundo nivel se encuentra el Programa Maestro de Producción (MPS), que permite establecer el volumen final de cada producto que se va a producir en el corto plazo, con el fin de cumplir el compromiso adquirido con los clientes y evitar sobreutilización o subutilización de las instalaciones de producción.

¹¹ OIT (Oficina internacional del Trabajo), Op. cit., pag 266

¹² EVERETT, Op. cit., Pag.410-414.

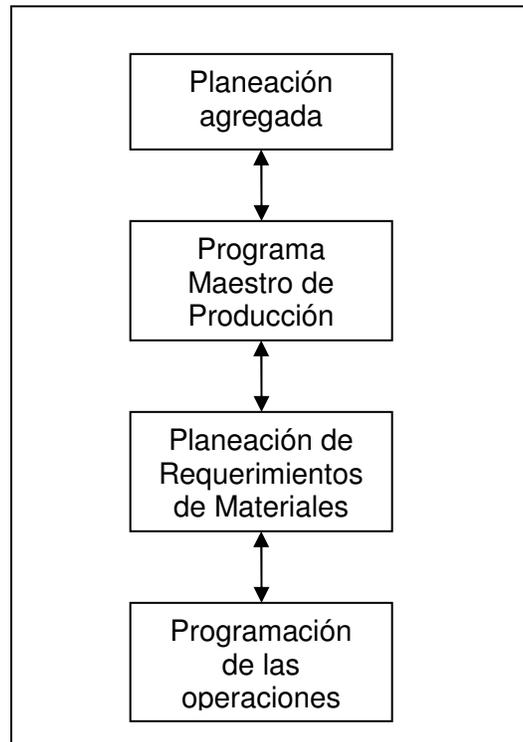


Figura 5. Niveles jerárquicos de la planeación de la producción

En el último nivel se encuentra la planeación de Requerimientos de Materiales (MRP) que busca determinar en qué momento deben solicitarse las materias primas y en qué cantidad, para cumplir con el MPS.

De igual manera se asimila la planeación de la capacidad, que tiene niveles jerárquicos paralelos a la planeación de la producción, y que se refiere a todas las decisiones estratégicas que debe tomar una compañía en lo referente al nivel de recursos. Esto es tan importante como la planeación de la producción, en la medida en que una inadecuada capacidad puede hacer perder clientes y limitar el crecimiento de la empresa¹³.

Por las razones que se explicarán en el capítulo de la Planeación de la producción y los Materiales, no se van a mencionar aquí específicamente todos los pasos, sino solamente los utilizados para el desarrollo de la propuesta.

¹³ RUSSELL y TAYLOR, Op. cit., Cp 11 p. 518.

3.2.1 Manejo de inventarios de materia prima

3.2.1.1 Modelo de Cantidades a ordenar para una familia de ítems

Este método considera familias de ítems, que están unidas porque tienen un proveedor o transporte común. Las consideraciones del modelo¹⁴ son:

- Un costo A de ordenar fijo asociado a toda la familia de ítems, que es independiente de las cantidades o el número distinto de ítems que sean ordenados.
- Un costo a_i , que es el costo variable por unidad adicional de la materia prima i que sea solicitada en cada pedido
- La demanda D_i , que indica la demanda promedio por unidad de tiempo, la cual recomienda el autor que sea de un año
- El costo variable v_i , que es el costo de cada unidad de cada materia prima
- El costo r , que es el costo de mantenimiento, esto es, lo que cuesta tener un peso de materia prima almacenado durante un año

Con estos datos, el modelo calcula:

- El período T , que indicará cada cuanto deben hacerse pedidos de esa familia de productos
- El m_i , que indica el número entero de intervalos T cada los cuales se deberá reaprovisionar la materia prima i
- Las cantidades Q_i , que indican las cantidades óptimas a solicitar de la materia prima i cada $m_i T$ tiempo

Los pasos para aplicar el modelo son los siguientes:

1. Numerar cada materia prima así
 $A / (D_i v_i)$, tal que la división más pequeña sea la materia prima 1, las siguiente más pequeña, la número 2, y así sucesivamente, hasta que el valor más grande de esta división, sea la materia prima n , donde n es el número total de materias primas de la familia
2. Calcular el m_i para cada materia primas así

¹⁴ SILVER, Eduard; PYKE, David; y PETERSON, Rein. Inventory management and Production Planning and Scheduling. USA, Ed. John Wiley & Sons. 1998. pag.423 - 429

$$m_i = \sqrt{\frac{a_i}{D_i v_i} \frac{D_i v_i}{A + a_i}}$$

3. Calcular T

$$T = \sqrt{\frac{2 (A + \sum a_i/m_i)}{r \sum m_i D_i v_i}}$$

4. Calcular las cantidades a solicitar para cada materia prima, Q_i

$$Q_i = m_i D_i T$$

3.2.1.2 Planeación de Requerimientos de Materiales

El objetivo de un sistema de inventarios es asegurar que el material estará disponible cuando se necesite, llegando algunas veces a mantener por esta razón niveles de inventario excesivos. Uno de los principales objetivos de la Planeación de Requerimientos de materiales (MRP) es mantener el nivel de inventario más bajo posible, determinando cuando los materiales de un producto son necesitados y programarlos para que estén en el tiempo justo.

El MRP requiere tres entradas:

- El programa Maestro de producción: que especifica cuales productos terminados va a producir la compañía, en qué cantidad se necesitan y para cuándo.
 - La lista de materiales (Bill of material BOM): esta lista los ítems o materiales que componen el producto terminado y en que cantidad.
 - El archivo maestro de inventario: este incluye inventario a mano, cantidades en orden, tamaño de lotes, inventario de seguridad, lead time del material, entre otros.
-

Los resultados del MRP muestran en que momento deben ordenarse las materias primas (o planearse su realización, en caso de que sea la misma empresa la que haga un subproducto)

3.2.1.3 Inventario de seguridad

El inventario de seguridad, es un número determinado de materias primas, que se conservan en reserva como parte del depósito de materiales, para principalmente, compensar los errores en la predicción de los consumos de cada materia prima, y las variaciones posibles en el tiempo de reposición (lead time) desde que la materia prima es solicitada hasta que llega a la empresa.

Una forma de calcular el inventario de seguridad, es tener en cuenta los errores de los pronósticos, para poder cubrir aquellos períodos en los que la demanda sea mayor al pronóstico, de acuerdo con el nivel de servicio elegido. Para ello se calcula en primer lugar la desviación estándar del estándar del error del pronóstico, así:

- Calcular la desviación de los datos, restando las ventas reales de la cantidad pronosticada para cada período seleccionado.
- Elevar al cuadrado cada desviación
- Sumar los cuadrados de las desviaciones
- Dividir la suma de los cuadrados entre el número de observaciones menos uno
- Sacar la raíz cuadrada del número anterior

Eso da como resultado la desviación estándar.

Una vez se tiene la desviación, se debe elegir el nivel de servicio que se quiere ofrecer, esto es, el porcentaje de casos en que las empresas tendrán suficiente inventario durante un período de reposición para cubrir las demandas que se encuentren por encima de la media. Así con la tabla de probabilidades acumuladas de la desviación estándar, se puede seleccionar de acuerdo al cubrimiento deseado, el número de desviaciones estándar que darán como resultado el tamaño del inventario de seguridad.

De esta manera el inventario de seguridad (con un nivel de servicio del 99,5%)¹⁵ para cada materia prima se calculará como:

$$\text{Inventario Seguridad}_k = 2.576 \sigma_k$$

donde,

$$\sigma_k = \frac{\sqrt{\sum (P_{ik} - D_{ik})^2}}{n - 1}$$

donde,

σ_k = desviación estándar de la materia prima k
 P_{ik} = pronóstico del mes i para la materia prima k
 D_{ik} = Demanda real del mes i para la materia prima k
 n = número de periodos pronosticados

3.3 DIAGRAMAS DE FLUJO DE DATOS (DFD)

“El diagrama de flujo de datos es una herramienta que permite visualizar un sistema como una red de procesos funcionales, conectados entre sí por “conductos” y “tanque de almacenamiento de datos”¹⁶; es en términos sencillos una herramienta práctica pero muy poderosa que permite modelar las funciones de un sistema.

- los procesos, que son aquellos que transforman unas entradas en salidas y se representan gráficamente con un círculo
- El flujo, que se usa para describir el movimiento de la información en el sistema, y que se representa con una flecha que entra o sale de un proceso
- El almacén, el cual se usa para modelar una colección de paquetes de datos, y se representa gráficamente como un rectángulo con un extremo abierto

¹⁵ De acuerdo con la tabla de probabilidades acumuladas de la distribución normal estándar, para un cubrimiento del 99,5%, el número de desviaciones estándar z, es de 2.576.

- Los terminadores, que representan entidades externas con las cuales el sistema se comunica, y se representan por medio de un rectángulo

Los DFD's se construyen en forma descendente: los procesos se pueden explotar o descomponer repetidamente en niveles de tal manera cada uno de ellos proporciona más detalles de un proceso del nivel anterior.

Así, el DFD del primer nivel, el cuál se llama Diagrama de Contexto, consta sólo de una burbuja, que representa el sistema completo; los flujos de datos muestran las interfaces entre el sistema y los terminadores externos.

El siguiente DFD que le sigue al diagrama de contexto, se conoce como el de nivel 0, en el cual se representan funciones más generales, y posteriormente siguen los niveles 1, 2 y así sucesivamente, explotando cada proceso de nivel anterior. El número de niveles a realizar, se decide teniendo en cuenta el siguiente criterio, y es que cada DFD debe tener no más de doce procesos y almacenes relacionados; y además debe tenerse en cuenta que no necesariamente todos los procesos de un nivel determinado deben explotarse, eso depende de la complejidad del proceso.

Teniendo en cuenta lo anterior cada proceso se numera como se muestra en la figura 6¹⁷.

¹⁶ WHITTEN, Jeffrey L. Análisis y diseño de sistemas de información. Edición: 3a. ed. Editorial Burr Ridge : Irwin, 1996. Cap. 9. P 157

¹⁷ Ibid., Cap. 9. P 157

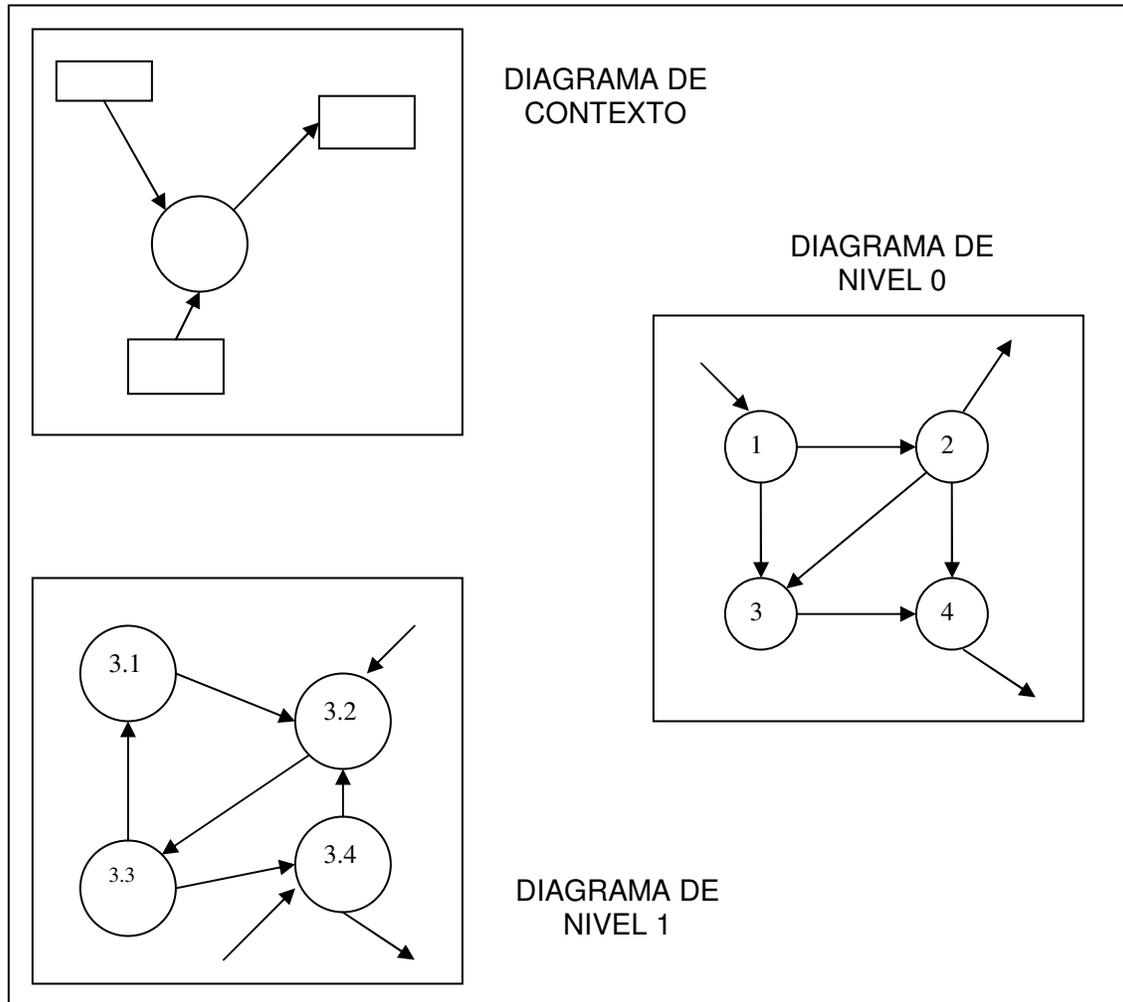


Figura 6. Diagrama de Flujo de datos por niveles

4. ESTABLECIMIENTO DE ESTANDARES DE TIEMPO

4.1 DEFINICIÓN DE LA METODOLOGÍA A UTILIZAR

De acuerdo con las técnicas sugeridas por Niebel¹⁸, para el desarrollo de los programas de muestreo de trabajo, este proceso se inició convocando una reunión con la Gerencia, Sub-Gerencia, jefatura de producción, y el Grupo Coordinador del Sistema de Gestión de Calidad de la empresa, con el fin de explicar las características de las metodologías posibles a utilizar para el establecimiento de estándares de tiempo (muestreo o por cronómetro), sus ventajas y desventajas, y analizar éstas respecto a las características propias de los procesos a los cuales se les habrían de establecer estándares de tiempo. Tras esta reunión, se determinó que la metodología más adecuada para el establecimiento de los tiempos estándar de las operaciones de ServiÓptica Ltda. sería el MUESTREO DEL TRABAJO, principalmente, por las siguientes razones:

- Como cada producto puede ser de diferente material, diferente fórmula y diferentes características, sus tiempos de elaboración en cada operación van a ser diferentes. Si se elige el método *por cronómetro*, se corre el riesgo de que el poco número de observaciones a efectuar (en principio 10), no resulte suficientemente representativo del total de diferentes productos que pueden ser fabricados ordinariamente por la empresa. En cambio, el método de *muestreo*, por requerir de varias más observaciones, ofrece más probabilidad de censar los diferentes tipos de productos elaborados, y así, obtener un promedio de tiempo estándar más representativo para cada una de las operaciones.
- El estudio es más representativo, ya que hay un mayor número de observaciones y que además éstas están distribuidas aleatoriamente en diferentes momentos del día.
- Los operarios no van a estar sujetos a largos períodos de tiempo cronometrados, lo cual hace que haya menos presión en su desempeño normal de actividades

¹⁸ NIEBEL y FREIVALDS, Op. cit., Cap. 14 pag.519

- Con el muestreo del trabajo se pueden además de los tiempos estándares de las operaciones, calcular el porcentaje de utilización de las máquinas con mayor precisión

4.2 DEFINICIÓN DEL PLAN DE TRABAJO

4.2.1 Cálculo del número de observaciones

Para este cálculo, se requiere la definición previa de los siguientes parámetros:¹⁹

- Porcentaje de improductividad (**p**)
Corresponde al porcentaje estimado de la proporción de tiempo (p) dedicada por los operarios a actividades personales e inevitables (no productivas). Para su determinación, se efectuaron 20 observaciones diarias durante los tres primeros días del tiempo establecido para la toma de muestras (60 en total) para todas las operaciones, arrojando el siguiente resultado:

$$\% \text{ improductividad} = \# \text{ observaciones improductivas} / \# \text{ observaciones totales}$$

$$\% \text{ improductividad} = 107 / 2700 = 3.963\%$$

- Confiabilidad del estudio
Fijada en el 95%
- Límite de error deseado
Como de acuerdo con el cronograma, el tiempo total destinado para realizar el muestreo del trabajo sería de 3 semanas (13 días en total, debido a dos festivos de Junio), y tomando en cuenta el número posible de observaciones que habían logrado hacerse para la estimación del parámetro **p**, fue evidente que el error del estudio, no podía ser libremente elegido del todo (por estar condicionado a un tiempo máximo para efectuar todas las muestras, y por el número máximo de muestras que podían tomarse en un día). Así que en principio, se optó por calcular el error resultante, de tomar como total de muestras las 60 iniciales, más 22 muestras diarias (un poco más que en los primeros tres días) dentro de los diez días siguientes, para establecer si este error era admisible, o si eventualmente, se debían efectuar más observaciones

¹⁹ Ibid, Cap. 14 p.518.

para ajustarlo. El error, una vez incorporado el porcentaje de confiabilidad, se determinó con la siguiente fórmula:

$$n = (1.96)^2 p q / e^2$$

donde,

n es el número de observaciones, en este caso, $(20 \cdot 3) + (22 \cdot 10) = 280$

p porcentaje de improductividad

q $(1-p)$

Dicho error fue del $\pm 2.332\%$.

Que al encontrarse dentro de unos márgenes aceptables (al compararlo con estudios similares de este tipo), se aceptó y utilizó en esa cifra.

4.2.2 Determinación de la frecuencia de las observaciones

Ya teniendo el número de muestras a realizar en cada día se hizo de la misma manera que para las primeras 60 muestras, una programación aleatoria de los momentos en que dichas muestras debían ser tomadas. Para esto se tuvo en cuenta que la jornada de trabajo es de 7:00 AM a 5:15 PM, teniendo 1 hora de almuerzo y 15 minutos de descanso repartidos en 10 minutos a las 9:30 AM y 5 minutos a las 3:30 PM. De esta manera, se tiene una jornada laboral de trabajo neta de 9 horas por día. Teniendo en cuenta la teoría presentada por Niebel²⁰ para este proceso, se divide la jornada de trabajo neta en lapsos de 10 minutos, con lo cual se tienen 54 intervalos de tiempo de 10 minutos, que se asocian respectivamente a los números 1 a 54. De estos 54 números, se sacaron 22 números aleatorios los cuales se multiplican por 10 para indicar el momento del día -en minutos después de la hora de inicio-, en el cual debe hacerse cada una de las muestras. En el Cuadro 5 se puede observar la hora equivalente a cada uno de los minutos sacados después de tener los números aleatorios. Como se puede observar el número 160 no son las 9:40 a.m. sino son 10 minutos más adicionales por el descanso laboral que los trabajadores tienen de 10 minutos. De la misma manera el número 300 no son las 12:10, sino las 12:10 mas una hora adicional que es la del almuerzo reglamentaria. De igual manera ocurre con el descanso de 5 minutos en las horas de la tarde.

²⁰ Ibid, Cap. 14 p.518..

En el Cuadro 6 se puede observar el programa de muestras de uno de los días observados durante el tiempo de muestreo. Los números aleatorios entre 1 y 54 fueron obtenidos por computador, y posteriormente se multiplicaron por 10 y se hizo la equivalencia anteriormente mencionada. De la misma manera se procedió para los días restantes. En el caso de los 3 primeros días de muestreo donde se hicieron 20 observaciones cada día, la diferencia estuvo en que los números aleatorios sacados entre 1 y 54 fueron 20 y no 22 como para los días restantes.

Cuadro 5. Horas de muestreo de acuerdo a números aleatorios

Minuto del día contado a partir del inicio de la jornada laboral	Hora de muestreo	Minuto del día contado a partir del inicio de la jornada laboral	Hora de muestreo
10	07:10	280	11:50
20	07:20	290	12:00
30	07:30	300	13:10
40	07:40	310	13:20
50	07:50	320	13:30
60	08:00	330	13:40
70	08:10	340	13:50
80	08:20	350	14:00
90	08:30	360	14:10
100	08:40	370	14:20
110	08:50	380	14:30
120	09:00	390	14:40
130	09:10	400	14:50
140	09:20	410	15:00
150	09:30	420	15:10
160	09:50	430	15:20
170	10:00	440	15:30
180	10:10	450	15:45
190	10:20	460	15:55
200	10:30	470	16:05
210	10:40	480	16:15
220	10:50	490	16:25
230	11:00	500	16:35
240	11:10	510	16:45
250	11:20	520	16:55
260	11:30	530	17:05
270	11:40	540	17:15

Cuadro 6. Ejemplo de horas muestreadas en uno de los días observados

Números aleatorios	Lapso de 10 minutos del día	Hora de muestreo
1	10	07:10
2	20	07:20
3	30	07:30
9	90	08:30
10	100	08:40
16	160	09:50
17	170	10:00
18	180	10:10
25	250	11:20
27	270	11:40
28	280	11:50
29	290	12:00
34	340	13:50
37	370	14:20
42	420	15:15
43	430	15:25
44	440	15:35
45	450	15:45
47	470	16:05
50	500	16:35
51	510	16:45
52	520	16:55

4.2.3 Cómo se efectuaron las observaciones

Antes de iniciar el proceso formal de observación, fue necesario desarrollar una reunión con todo el departamento de producción, donde se explicó el objetivo del estudio, la forma en que se iba a llevar a cabo, la necesidad de colaboración de su parte, y de antemano, se brindó toda la disposición necesaria para resolver sus dudas al respecto en cualquier momento.

Paralelamente, se diseñaron los medios de registro de las observaciones, que en este caso, se sintetizaron en un formato escrito ([ver Anexo A](#)), cuyo diligenciamiento se explica a continuación:

En el momento en que debía hacerse una observación, se pasaba por cada una de las operaciones macro del proceso de producción, y al frente del nombre de la persona se

colocaba la actividad que ella estaba desarrollando. Igualmente para las operaciones en las que una misma persona maneja más de una máquina, se anotaba al frente de la máquina en que estado se encuentra. El anexo A, muestra también una de las muestras tomadas y diligenciadas en este formato.

4.3 RESULTADOS

Para el cálculo del tiempo estándar, además de conocer el número de muestras tomadas, se requerían conocer también, la cantidad de unidades producidas durante el tiempo muestreado, y el tiempo total muestreado.

El tiempo observado para una operación determinada se calcula de la siguiente manera:

$$TO = T * n_i / (P * n)$$

Donde, T = es el tiempo total observado, n_i el número de observaciones para el elemento, n el número total de observaciones, y P la producción total en unidades por período estudiado. Posteriormente se puede calcular el Tiempo Normal, multiplicando el tiempo observado por la tasa de producción promedio o rating factor, así:

$$\text{Tiempo Normal} = \text{Tiempo Observado} * \text{Rating factor promedio} / 100$$

Y finalmente el tiempo estándar se encuentra sumando los suplementos al tiempo Normal. Estos suplementos se calculan dividiendo el número de observaciones de inactividad entre el número total de observaciones del trabajo.

De esta manera el tiempo estándar de cada operación se calculó así:

$$\text{Tiempo Estándar} = T * n_i * R * (1 + \% \text{suplementos}) / (P * n)$$

Teniendo en cuenta los datos requeridos para el cálculo de los tiempos estándar por operación, se recopiló la información precisa del tiempo total trabajado por cada uno de los operarios durante los días muestreados, la producción total de trabajos por cada

elemento (operación), y se observó de acuerdo con la experiencia del analista y del jefe de producción, que la tasa de producción promedio R , era de 100% para ese período muestreado.

De acuerdo con lo anterior se explica a continuación un ejemplo de los cálculos realizados para obtener el tiempo estándar por operación:

Del total de las muestras por persona se obtuvo el porcentaje de tiempo que cada una de ellas dedicaba a las diferentes actividades del proceso de producción. Este resultado se multiplicó por el total de horas trabajadas por cada uno. Con esto se obtuvo el total de horas durante el tiempo muestreado que dedicó cada persona a cada actividad. Posteriormente se sumaron los tiempos de realización de cada actividad por parte de todos los operarios involucrados, se le adicionó el porcentaje por suplementos, y finalmente se dividió por el número de trabajos producidos durante ese tiempo, obteniendo así los tiempos promedio para cada una de las operaciones. Esto se puede ver más claramente en el ejemplo del Cuadro 7, para la operación de *proteger bases* del proceso de *talla*.

Cuadro 7. Ejemplo cálculo de tiempos por operación

OPERARIO	N° OBSERVACIONES PROTEGIENDO BASES	OBSERVACIONES TOTALES	PORCENTAJE DE TIEMPO PROTEGIENDO BASES	HORAS TRABAJADAS DURANTE EL PERÍODO DE MUESTRA	TIEMPO DEDICADO A PROTEGER BASES DURANTE EL PERÍODO DE MUESTRA (horas)
Gloria Díaz	20	280	7,1429%	130	9,2857
Carol Prada	72	280	25,7143%	126	32,4000
Héctor Torres	13	280	4,6429%	129	5,9893

Esto implica que el tiempo dedicado a proteger bases durante las tres semanas observadas, fue de 47,6750 horas (suma de los tiempos dedicados por cada operario a proteger bases).

El total de bases protegidas durante este tiempo fue de 8748 bases, es decir, 4374 trabajos (porque cada trabajo tiene 2 bases)

Entonces tenemos un tiempos de: $47,6750 \text{ horas} * (60 \text{ minutos} / \text{hora}) * (1+0.02857) / 4374 \text{ trabajos} = 0.67226 \text{ minutos por trabajo.}$

De igual manera se procedió con las demás operaciones. En el [anexo B](#) se encuentra la tabla resumen de observaciones por persona y por máquina, para cada actividad (elemento), además del tiempo total muestreado.

En el Cuadro 8 se pueden observar los tiempos resultantes de cada una de las operaciones.

Cuadro 8. Tiempos estándar resultantes del muestreo

Proceso	Operación	Tiempo estándar (minutos/trabajo)
PREPARACION TRABAJOS	Engavetar	0,8595
	Ingresar Datos del Trabajo al Sistema DMS	0,8033
	Seleccionar Materia prima	0,9917
	Descargar Mp del inventario	0,6945
TALLA	Ingresar datos de trabajo a innovation	1,5975
	Revisar Bases	1,5518
	Proteger bases	0,6727
	Marcar bases	1,1620
	Bloquear bases	1,8693
	Generar lentes	4,3813
	Seleccionar moldes	1,5586
	Colocar/retirar lijas/paños y lavar moldes	3,6629
	Afinar lentes	4,3294
	Pulir lentes	8,5027
	Desbloquear lentes	1,0603
	Limpiar antes de RLX	2,0026
	Dar capa RLX	2,4553
	Limpiar lentes	1,5500
	Hacer Control de Calidad	1,6703
BISEL	Organizar trabajo	0,3869
	Marcar lentes	1,9182
	Trazar monturas	1,9291
	Bloquear lentes	2,2689
	Marcar, trazar y bloquear	3,7295
	Biselar Weco	7,9391
	Biselar Briot	7,4749
	Dar color	6,9423
	Dar filtros	4,8981
	Limpiar después de color o filtros	0,9366
	Montar	1,3100
	Perforar y montar	12,5281
	Ranurar y montar	10,2556
	Limpiar trabajo	0,8362
	hacer control de calidad	0,9167
Empacar montura	0,2711	
FACTURACION	Facturar	1,1304

Después de haber tomado el total de muestras y haber calculado los tiempos estándar por trabajo, debe quedar consignado el error que puede tener la estimación de la proporción de tiempo productivo e improductivo.

Así, para un total de 12320 observaciones (280 por persona), resultaron 352 observaciones improductivas. Con esto y el número de muestras tomadas se obtiene un error de:

$$\text{error} = \pm 2 * \text{raíz} (0.028571 * 0.971429 / 280) = \pm 1.9912 \%$$

De esta manera el tiempo por suplementos puede estar en el rango entre 0.866% y 4.848% en el 95% de los casos.

5 REDISEÑO DE LOS MÉTODOS DE TRABAJO EN LOS PROCESOS DE PRODUCCION

5.1 DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO DE PRODUCCION

El proceso de producción se divide en cuatro procesos principales (operaciones macro): Preparación de trabajos, Talla, Biselado y Facturación que se relacionan como muestra la figura 7.

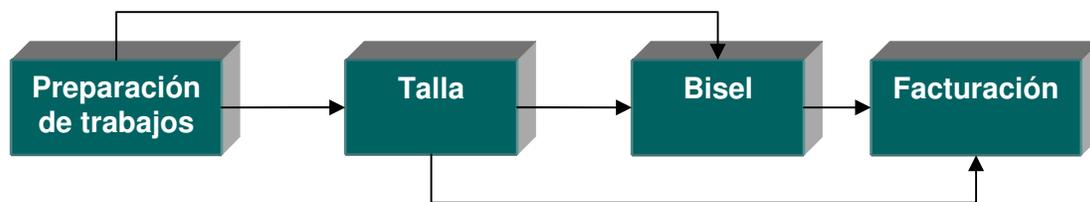


Figura 7. Relaciones entre los procesos de producción

Cada uno de estos procesos se compone de varias operaciones, inspecciones y operaciones/inspecciones que se explican detalladamente en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Operaciones, inspecciones y operaciones/inspecciones del proceso de producción

PROCESO	TIPO	NO.	NOMBRE DE LA OPERACIÓN	EXPLICACIÓN
PREPARACIÓN DE TRABAJOS	Operación	1	Engavetar trabajos	En esta operación se revisan la orden de pedido y los accesorios (monturas, coquillas, paños, etc.) enviados por el cliente con el fin de asegurar que se encuentre la información necesaria y completa para poder realizar el proceso adecuadamente. Luego se colocan dichos accesorios y orden de pedido en la gaveta de color correspondiente al tipo de trabajo en los compartimentos asignados.
	Operación	2	Ingresar datos de trabajo al DMS	Se ingresan al sistema de información, los datos de los procesos a realizar para completar el trabajo (biselado, color, filtros, tallado, RLX, etc.), para que el trabajo pueda ser facturado al final del proceso, y para que a partir de ese momento el Sistema permita identificar el trabajo a lo largo de todo el proceso.
	Operación	3	Seleccionar la MP	En el área de Depósito, se encuentran debidamente organizadas las materias primas por material y tipo de lente, y estos a su vez por fórmula, de tal manera que la materia prima necesaria para el desarrollo del trabajo es seleccionada fácilmente, y se coloca posteriormente en el compartimento correspondiente de la gaveta.
	Operación	4	Descargar la materia prima del inventario del Sistema	Se registra en el Sistema de información, la materia prima seleccionada, con el fin de mantener un control de inventarios continuo y actualizado (kárdex) de la materia prima en el sistema
TALLADO	En el Diagrama de operaciones se pueden ver citadas todas la operaciones consecutivamente, de la ruta más larga seleccionada del diagrama de Rutas (diagrama donde se muestran todas los posibles caminos que puede tomar un trabajo y la probabilidad con que lo puede tomar)			
	Operación	5	Ingresar datos al sistema Innovations	Se ingresan las características del trabajo al Sistema Innovations (fórmula exacta, distancia pupilar, etc.). Esta operación es necesaria, porque toda la maquinaria del proceso de talla trabaja con los datos ingresados en este programa para dar a los lentes la fórmula exacta que el cliente ha solicitado
	Operación/ Inspección	1	Revisar bases	Se revisa que la materia prima esté en perfecto estado y además se le sopla con aire comprimido para que quede totalmente libre de partículas que puedan llegar a rayar el lente cuando se esté procesando.

PROCESO	TIPO	NO.	NOMBRE DE LA OPERACIÓN	EXPLICACIÓN
	Operación	6	Proteger bases	En esta operación se le coloca a la base, por la parte ya terminada, una cinta protectora especial con dos objetivos: que la parte terminada no vaya a sufrir ningún daño durante el proceso y que el lente pueda ser agarrado por las máquinas para poder procesarlo por el lado no terminado
	Operación	7	Marcar bases	En esta operación se marca el centro óptico del lente, de tal manera que cuando este sea procesado, la fórmula resultante sea la correcta. Si esto no se hace, el lente no trabaja en la posición correcta, quedando una fórmula que no es la solicitada por el cliente.
	Operación	8	Bloquear bases	En esta operación se le coloca al lente una chapeta soldada con estaño, la cual permitirá que las demás máquinas puedan agarrar el lente y lo puedan procesar.
	Operación	9	Generar lentes	Esta es una de las operaciones más importantes, ya que en ella se le da la fórmula al lente.
	Operación	10	Seleccionar moldes	De acuerdo con la fórmula que el cliente solicite, se escoge un molde al cual se le van a poner lijas y paños posteriormente para que afinen y pulan el lente.
	Operación	11	Colocar lijas a moldes	En esta operación se colocan a los moldes seleccionados unas lijas especiales, que son las que permitirán afinar el lente
	Operación	12	Afinar lentes	Esta corresponde a la primera parte del terminado del lente, es darle acabado para que sea de una textura suave
	Operación	13 y 14	Retirar lijas y colocar paños a moldes	Se quitan las lijas y se colocan los paños a los moldes que son los que van a permitir pulir el lente
	Operación	15	Pulir lentes	Es la segunda parte del terminado, en donde se le da brillo a los lentes
	Operación	16	Retirar paños y lavar moldes	Se quitan los paños de los moldes utilizados y se botan. El molde se lava, se seca con aire comprimido y se coloca nuevamente en el sitio correspondiente en la estantería.
	Operación	17	Desbloquear lentes	En esta operación se retiran las chapetas al lente
En este punto, si el cliente lo ha solicitado, se le dará tratamiento RLX a los lentes, de lo contrario el trabajo pasará a la operación 20.				

PROCESO	TIPO	NO.	NOMBRE DE LA OPERACIÓN	EXPLICACIÓN
	Operación	18	Limpiar lentes antes de RLX	Para poder dar la capa de RLX se requieren limpiar previamente los lentes, para retirar de ellos toda impureza, pues si esta llegase a quedar, cuando se le coloque la capa, la impureza quedará fijada en el lente.
	Operación	19	Dar capa de RLX	Es donde se le da la capa antirrayas al lente si así es solicitado por el cliente
	Operación	20	Limpiar lentes	Se limpian los lentes cuando no son de RLX, para dejarlos en el estado adecuado para la entrega final al Cliente
	Inspección	1	Realizar el control de calidad a los lentes	Es una inspección en la que se revisa que el producto terminado cumpla con todas las características solicitadas por el cliente y con las tolerancias estipuladas en las normas NTC541 para lentes oftálmicos
BISELADO	A partir de la operación 21 hasta la operación 31 está comprendido el proceso de BISELADO			
	Operación	21	Organizar trabajo	Esta operación se da únicamente cuando los trabajos son de solo bisel. En ella se organizan en la gaveta la materia prima (lentes terminados) y se verifican contra la orden de pedido
	Aquí un trabajo puede tomar dos caminos: - Si va por la línea de máquinas Weco, debe parar por las operaciones separadas de marcado, trazado y bloqueo en las máquinas Weco. - Si va por la línea briot va a la máquina que hace las tres actividades en una única máquina.			
	Operación	22	Marcar lentes terminados	En esta operación se marca el centro óptico del lente con el fin de que el biselado de la fórmula final correcta que el cliente solicitó
	Operación	23	Trazar monturas o coquillas	Las monturas o coquillas enviadas por el cliente, se trazan, es decir, por medio de la máquina se pasa la forma de las mismas al Sistema Innovations para que este por control numérico bisele con la forma exacta de la montura los lentes terminados
	Operación	24	Bloquear lentes	Se coloca al lente una chapeta la cual permitirá que los lentes sean biselados
	Operación	22	Marcar, trazar y bloquear lentes	Se hace el marcado, trazado y bloqueo en la misma máquina (BRIOT), que permite hacer las tres operaciones.
	Operación	25	Biselar lentes	Se desbasta el lente hasta que tome la forma de la montura o las coquillas enviadas por el cliente.
Si el cliente solicita colocar color a los lentes o filtro UV o VDT, entonces se dan las operaciones 26 a 28, de lo contrario, el trabajo pasa directamente a la operación 27.				

PROCESO	TIPO	NO.	NOMBRE DE LA OPERACIÓN	EXPLICACIÓN
	Operación	26 y 27	Dar color y filtros a los lentes	Si el cliente lo solicita se de dan a los lentes el color o los filtros pedidos
A continuación, dependiendo del tipo de montura que traiga el trabajo, se pueden dar una de las 3 operaciones numeradas como la operación 28.				
	Operación	28	Montar lentes	Si la montura es de aro completo, se colocan los lentes en ella y se ajusta. Además se cuadra que la montura.
			Ranurar lentes y montar	Cuando la montura enviado por el cliente es al aire, se le hace una ranura al lente por el borde con la máquina y posteriormente se monta con nylon y se ajusta la montura
			Perforar lentes y montar	Cuando la montura es de tres piezas, se hacen las perforaciones correspondientes a los lentes tal cual como aparezcan en las coquillas o se corren si el cliente lo ha solicitado. Luego se monta el lente en la montura y esta se ajusta.
	Operación	29	Limpiar gafas y lentes	Se limpian el trabajo terminado con un paño suave humedecido en alcohol, para entregarlos debidamente limpios al cliente
	Inspección	1	Realizar el control de calidad	Se revisan todas las características solicitadas por el cliente tanto en fórmula como en colores o filtros. Así mismo se revisa que la montura esté debidamente cuadrada y que los lentes cumplan con las tolerancias establecidas por la Norma NTC5145 sobre lentes oftálmicos
	Operación	30	Empacar	Se empaacan las gafas terminadas individualmente para darles la protección debida, que evite posteriores daños hasta la entrega al cliente
FACTURACIÓN	Operación	31	Facturar	Se factura el trabajo del Cliente y se empaaca por cliente para ser llevado por el mensajero

5.2 ANÁLISIS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN, PROBLEMÁTICA Y GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Debido a que son más de 10 rutas o cursos posibles que puede seguir un trabajo que entra a la empresa, se elaboró un diagrama de Rutas ([ver Anexo C](#)) del proceso de producción, para identificar la Ruta que contempla la mayor cantidad de operaciones (es decir, la del tiempo más largo y con la mayor cantidad de operaciones posibles) como la escogida para hacer posteriormente, los Diagramas de Operaciones, Recorrido, Flujo y Precedencia del proceso Productivo.

De esta manera, con la ayuda del Diagrama de Rutas, son fácilmente identificables en cada uno de los otros diagramas las distintas posibilidades de operaciones que puede seguir un trabajo que entra a Producción, lo cual sirve de guía para conocer el tiempo estándar que puede demorarse un trabajo desde que es Engavetado hasta que es Facturado.

5.2.1 Propuestas por medio del análisis de los tiempos tomados

Al analizar los tiempos tomados, se puede observar que un trabajo con todos los procesos y tratamientos (exceptuando AR, que no es hecho por la empresa), es decir, tallado, biselado, con capa de RLX, filtro UV y Color (que conllevaría el mayor tiempo posible de producción), dura en promedio desde que es engavetado hasta que es facturado 94.59 minutos, lo cual se encuentra dentro de los estándares admitidos por la empresa (para este caso, 1.5 días, o 12 horas ([ver Cuadro 2](#))). Esto indica claramente que el incumplimiento de los tiempos de producción de trabajos no se debe a la duración de las operaciones por sí mismas (muy largas, por ejemplo), sino a otras causas.

Haciendo una observación global de todas las operaciones, se puede notar que cada operación pasa los trabajos a la siguiente, en lotes que varían entre 15 y 20 trabajos simultáneamente. O sea, que sólo hasta que en una operación se han finalizado entre 15avo o 20avo trabajo, pasa todo este lote a la siguiente operación. Como esto se cumple generalmente para todas las operaciones, en el mejor de los casos los trabajos tardan en una operación un tiempo, 15 veces mayor a tiempo calculado con el muestreo del trabajo y en el peor de los casos 20 veces este tiempo. En el cuadro 10, se puede observar el tiempo estándar por operación para lotes de 15 trabajos y 20 trabajos respectivamente.

Cuadro 10. Tiempos por operaciones y actividades con lotes de 15 y 20 trabajos

Proceso	Operación	Tiempo estándar (min/lote de 15 trabajos)	Tiempo estándar (min/lote de 20 trabajos)
PREPARACION TRABAJOS	Engavetar	6,9	8,6
	Ingresar Datos del Trabajo al Sistema DMS	12,1	16,1
	Seleccionar Materia prima	7,9	9,9
	Descargar Mp del inventario	10,4	13,9
TALLA	Ingresar datos de trabajo a innovation	24,0	32,0
	Revisar Bases	23,3	31,0
	Proteger bases	10,1	13,5
	Marcar bases	17,4	23,2
	Bloquear bases	15,0	18,7
	Dejar secar	15,0	15,0
	Generar lentes	21,9	30,7
	Seleccionar moldes	23,4	31,2
	Colocar lijas	14,7	16,0
	Afinar lentes	21,6	30,3
	Retirar lijas	8,3	11,1
	Colocar paños	12,0	16,0
	Pulir lentes	25,5	34,0
	Retirar paños y Lavar moles	14,2	19,0
	Desbloquear lentes	15,9	21,2
	Limpiar antes de RLX	30,0	40,1
	Dar capa RLX	36,8	49,1
	Limpiar lentes	23,2	31,0
Hacer Control de Calidad	25,1	33,4	
BISEL	Organizar trabajo	5,8	7,7
	Marcar lentes	15,3	19,2
	Trazar monturas	15,4	19,3
	Bloquear lentes	18,2	22,7
	Marcar, trazar y bloquear	29,8	37,3
	Biselar Weco	23,8	31,8
	Biselar Briot	29,9	37,4
	Dar color	34,7	48,6
	Dar filtros	19,6	24,5
	Limpiar después de color o filtros	14,0	18,7
	Montar	19,7	26,2
	Perforar y montar	187,9	250,6
	Ranurar y montar	82,0	102,6
	Limpiar trabajo	12,5	16,7
	hacer control de calidad	13,8	18,3
Empacar montura	4,1	5,4	
FACTURACION	Facturar	9,0	11,3

De acuerdo con estos tiempos, los diferentes tipos de trabajo se tomarían un tiempo de producción que se muestra en el cuadro 11, tanto para 15 trabajos/lote como para 20 trabajos/lote.

Cuadro 11. Tiempos totales por tipo de trabajo con lotes de 15 y 20 trabajos

Tipo de trabajo	Para lotes de 15 trabajos		Para lotes de 20 trabajos	
	hh	mm	hh	mm
Talla	7	4	9	16
Bisel	4	3	5	19
Talla + Bisel	10	21	13	35
Bisel + Perforación	6	52	9	3
Bisel + Ranuración	5	6	6	35
Talla + Bisel + Perforación	13	9	17	20
Talla + Bisel + Ranuración	11	23	14	52

Si se comparan todos los tiempos del cuadro anterior, con el cuadro 2, efectivamente se observa que no hay ningún cumplimiento de los tiempos internos de duración de trabajos por tipo de trabajo. La explicación de que sí existan trabajos que cumplan con estos tiempos (es decir, aquellos que no están atrasados), es que a algunos trabajos se les da el tratamiento de trabajos urgentes (por diversas razones) y que la numeración consecutiva de los trabajos no siempre es respetada, entonces, no siempre cumplen la política de que los primeros que entran son los primeros que salen.

Es por ello que la primera propuesta en los métodos de las operaciones es disminuir el tamaño del lote para reducir notablemente el porcentaje de trabajos atrasados.

Haciendo un análisis de los tiempos, se llegó a establecer que el tamaño del lote debía ser de 6 trabajos, por las siguientes razones:

- Con 6 trabajos se cumplen los tiempos establecidos por la empresa (ver cuadro 12)
- Cada persona tiene a su cargo como máximo seis máquinas o en su defecto divisores de 6.

- Disminuye el riesgo de avería por efecto de transportes de mayores trabajos en proceso.

Cuadro 12. Tiempos totales por tipo de trabajo con lotes de 6

Tipo de Trabajo	hh : mm
Talla	2 : 20
Bisel	1 : 28
Talla + Bisel	3 : 39
Bisel + Perforación	1 : 31
Bisel + Ranuración	1 : 28
Talla + Bisel + Perforación	3 : 42
Talla + Bisel + Ranuración	3 : 39

5.2.2 Propuestas a través del análisis de herramientas macro

Además de la propuesta anterior, se ha hecho un análisis al proceso productivo, con la ayuda de los diagramas de Operaciones ([Anexo D](#)), Precedencia ([Anexo E](#)), Flujo ([Anexo F](#)), Recorrido ([Anexo G](#)), Relaciones ([Anexo H](#)), Rutas ([Anexo C](#)) y la técnica del interrogatorio, lo cuál arrojó como resultados las soluciones propuestas que permiten su mejora. Este análisis con los respectivos resultados se ven en el Cuadro 13, el cuál está estructurado de la siguiente forma: .en la primera columna, se encuentra el problema u oportunidad de mejora encontrada; en la segunda, una explicación más detallada del problema o las consecuencias del mismo (si así es requerido); en la tercera, la propuesta a implantar; y en la última columna los beneficios que esta trae.

Cuadro 13. Problemáticas del proceso de producción y sus soluciones

PROBLEMAS ENCONTRADOS / OPORTUNIDADES DE MEJORA	EXPLICACIÓN Y/O CONSECUENCIAS	SOLUCIÓN PROPUESTA	BENEFICIOS	COSTO	BENEFICIO
No se mantiene un orden fijo de recepción y paso de trabajos al interior de las operaciones.		Se propone que exista un orden del flujo de los trabajos al interior de cada operación, de tal manera que el lado izquierdo de cada puesto de trabajo sea el que reciba los trabajos de la operación anterior, y que los terminados se coloquen a la derecha, para ser fácilmente entregados a la siguiente operación.	Permite eliminar toda posibilidad de confusión entre los trabajos que ya han pasado por la operación.	Hacer una reunión por áreas por parte del Jefe de Producción de 15 minutos, indicando el nuevo procedimiento. Tiene un costo de \$35.138 (ver explicación numeral 7.1.4, rubro 7)	Ahorro de \$1.659.000 al año (ver explicación numeral 7.1.4 en el rubro 18).
Doble trabajo en ingreso de datos al sistema INNOVATIONS.	En el proceso de talla se ingresan primero los datos al sistema INNOVATIONS y después se inspeccionan las bases, lo cual hace que se pierda tiempo ingresando datos al sistema de una base que puede tener alguna no conformidad.	Teniendo en cuenta el diagrama de precedencia, dejar primero la operación de revisión de Bases y posterior la de Ingreso de Datos al Sistema Innovations.	Permite que la materia prima devuelta al depósito por las diversas causas posibles no pase por otras operaciones haciendo que se pierda tiempo de trabajo.	Para implementar esta propuesta, solamente se necesita una hora para intercambiar los dos puestos de trabajo. Esto tiene un costo de \$3.514 (ver explicación numeral 7.1.4, rubro 8)	Ahorro anual por \$109.564 (ver explicación en numeral 7.1.4, rubro 20). Al combinar las operaciones, descritas y eliminar la operación en comienzo de bisel, el balanceo de la línea aumenta, permitiendo hacer 60 trabajos adicionales diariamente, lo cual implica mayor capacidad para la empresa, y una oportunidad de capturar nuevos clientes.
Doble trabajo en las operaciones de engavetado e ingreso de datos al sistema DMS.	Las operaciones de engavetado e ingreso de datos al sistema DMS no deberían estar separadas por dos razones: en primer lugar, la orden de pedido se lee dos veces: una para revisarla y otra para ingresar los datos al sistema. Y en segundo lugar, porque cuando los clientes llaman para hacer un pedido, la misma persona podría contestar la llamada, sin necesidad de anotar el pedido en una orden física de papel, para que después otra persona lo	Combinar las operaciones de ingreso de datos al sistema DMS y engavetado. Tomar los pedidos telefónicos directamente, sobre el sistema DMS.	Con la combinación de las dos operaciones en una sola, se pueden simultáneamente, revisar el contenido de la orden de pedido e ingresar los datos al sistema. Así mismo, si el pedido es solicitado por teléfono, se elimina la operación de escribir la orden de pedido manualmente, ya que el pedido se toma directamente en el sistema y se imprime para colocarlo en la gaveta. Esta unión de operaciones,	Costo de \$125.235 en capacitación (ver explicación en numeral 7.1.4, rubro 4).	Ahorro de \$1.043.391 anuales (ver explicación en numeral 7.1.4, rubro 17)

	ingrese al sistema.		también permite que el conocimiento de ambas no resida en una sola persona, sino que el personal de ambas sepa como se hacen las operaciones y pueda haber sustituciones sin afectar la producción, pues actualmente solo una persona maneja eficaz y eficientemente el ingreso de datos al sistema DMS.		
La selección de la materia prima del depósito (para elaborar un trabajo) y la descarga de ésta del sistema de información, se hace de forma separada.	La operación de registro en el sistema de información, de las materias primas a usarse en un trabajo (descargar del inventario la MP) no debería estar separada de la operación inmediatamente anterior, que es la selección de la misma, pues no favorece la optimización de los tiempos de fabricación.	Combinar las operaciones de selección de materia prima y descarga de MP del sistema DMS, con la implantación de lectores de código de barras de mano, que permitan al personal de selección de materia prima, una vez que la seleccione, pasar el código de barras de la gaveta por el lector y la materia prima posteriormente, haciendo que se descargue del inventario y quede asignada al trabajo.	Esto hace que el flujo sea más continuo y la descarga del inventario más rápida, pues si hay tantos lectores de código de barras como personal asignado se incrementa el flujo del trabajo.	Costo de colocar los hand held (lectores de código de barra inalámbricos) es de \$5.521.600 (ver explicación en numeral 7.1.4, rubro 3)	Esto implica un ahorro anual de \$6.476.220 (ver rubro 16, en numeral 7.1.4)
Operación de organizar trabajo, al comienzo de las operaciones de bisel.	En la operación de organizar trabajo, se revisa que la fórmula designada en el empaque de los lentes sea la misma solicitada en la orden de pedido y se desempacan los lentes para colocarlos luego en un compartimento de la gaveta. En la operación de marcado (siguiente), revisan primero la fórmula del lente en el lensómetro, lo cual significa que hay doble revisión de fórmula. Por otra parte, no existe un operario asignado a esta operación el 100% del tiempo, entonces ésta es comenzada cuando el operario volante se da cuenta de que ha llegado a ésta un lote suficiente de trabajos; por tanto, hay un tiempo que pasa entre la llegada de los trabajos a la sección y el comienzo de la revisión.	La operación de organizar los elementos en la gaveta, que se encuentra al comienzo de la sección de bisel, debe eliminarse, dejando a la operación de Marcado, la labor de revisar que el lente terminado corresponda con el solicitado en la orden de pedido y sacar los lentes de sus bolsas correspondientes para colocarlos en los compartimentos adecuados.	Esto hace que el operario que hacía dicha operación (organizar trabajos) en combinación con otras, se dedique realmente a la principal que lleva a cabo, dándole más continuidad a su trabajo, y también hace que el flujo de los trabajos al comienzo del proceso de bisel sea permanente y continuo, ya que la operación actual de organizar los elementos se hace solo hasta cuando ven acumulado un arrume de 15 o 20 trabajos, y se dan cuenta en ocasiones 5, 10 o 20 minutos después de que los trabajos han ingresado a la sección.	Eliminar la operación no representa ningún costo, ya que ésta es hecha manualmente.	Ahorro de \$8.335.540 anuales. (ver explicación en numeral 7.1.4, rubro 15) Hay realmente dedicación por parte del supervisor para planear la producción de su área y cumplir con las funciones designadas, las cuáles no cumple actualmente a cabalidad
Transportes de	Los transportes de algunos de los	Redistribución de la planta, teniendo en	Esta reducción no solo es	Esta propuesta tiene como costo	Se ahorrarán 59,2 minutos por día

trabajos en proceso entre operaciones.	<p>procesos son por Ej.: de 20.5 mts. para preparación de trabajo, 40 mts. para tallado y 33.2 mts. para biselado, y cada uno de ellos se repite respectivamente (como mínimo) 100, 40 y 80 veces por día (teniendo en cuenta ida y regreso del operario a cargo). Esto nos da un total de transportes de 6306 mts. para un tiempo de 74.6 minutos diarios aproximadamente. Este tiempo causa actualmente tres problemas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Desconcentración de los operarios en su trabajo, pues periódicamente se paran para transportar trabajos a otras operaciones. 2. Tiempo desaprovechado, que podría invertirse más sobre las operaciones. 3. Riesgo de daño de los trabajos durante el movimiento, pues el transporte se hace por arrumes de 15 gavetas, una sobre otra, posibilitando que el operario caiga o tropiece. 	<p>cuenta la eliminación al máximo de los transportes y la importancia de la cercanía entre los diferentes procesos (diagrama de Relaciones), permitiendo una reducción de 15 a sólo tres transportes de personal en total: uno, entre generación y selección de moldes, de 4 metros (50 veces por día), otro entre pulido y desbloqueo de 3 metros (50 veces por día) y el último entre biselado y color de 5 metros, 60 veces por día aproximadamente (teniendo en cuenta el tamaño del lote y la producción diaria promedio), lo que equivale a 1300 mts. diarios (ida y vuelta), para una reducción total de 5006 mts. diarios, que representarán aproximadamente 59,2 minutos.</p>	<p>significativa por el tiempo y la cantidad de transportes de personas que ahorra, sino porque permite más continuidad y mejor concentración de las personas en su trabajo, al no tener que transportar sus trabajos a las otras operaciones; y además, se evita que haya tanto movimiento de personal en las áreas. Además, se elimina mayoritariamente la manipulación de los trabajos en transportes de tanta magnitud que pueden sufrir daños si se ocasionan accidentes de trabajo durante el transporte.</p>	<p>principal la inversión en las bandas transportadoras, cuya inversión es de \$52.100.000 según cotización (ver anexo Y)</p>	<p>que representan en el año (con salario mínimo más prestaciones sociales) un costo de \$804.280, que la empresa se ahorrará, pues será más tiempo dedicado a las actividades productivas, y además podría en ese tiempo, si el Departamento de mercadeo lo consigue, hacer 1 trabajo diario adicional, que representará utilidades anuales adicionales por \$1.214.230. (teniendo utilidad por trabajo de 4187 - 10% del valor respecto de las ventas). Esto está incluido dentro de los ahorros del rubro 22 encontrado en el numeral 7.1.4</p> <p>Además de lo anterior, hay altas probabilidades de que mejore la productividad de los trabajadores debida a mayor concentración y continuidad en el trabajo, lo cual implicaría que se pueden llegar a hacer trabajos adicionales.</p>
Operación de dar RLX.	<p>En los diagramas de Flujo y Recorrido se puede notar que la operación de dar RLX está totalmente alejada del proceso de Talla, lo cual implica que los trabajos a los cuales hay que darles capa antirrayas (RLX) tienen un doble transporte uno para llevarlo a la operación y otro para devolverlo a la operación de limpieza. Esto implica aproximadamente, 18 metros de recorrido, lo cual le resta continuidad al flujo del trabajo y continuidad al operario que da RLX, ya que él es quien tiene que recoger los trabajos para hacer esta operación y después llevarlos a la operación de limpieza. Además el sitio donde se efectúa la limpieza de los trabajos antes de darle la capa de RLX, está algo retirada de éste último.</p>	<p>Se propone que estas dos operaciones queden seguidas y que además estén dentro del mismo flujo que lleva todo el proceso de Talla. En este caso, colocando la operación de RLX dentro del área de tallado después de desbloqueo y antes de limpieza, quedando también contiguas las operaciones de desbloqueo y limpieza, para aquellos trabajos que no requieran RLX.</p>	<p>Así, si un trabajo debe tener RLX, no hay que transportarlo hasta el área, sino simplemente pasa por la ventanilla que comunica a desbloqueo con RLX, y de allí, se pasa por la otra ventanilla (la de salida) a Limpieza.</p>		

La máquina de pulido y afinado de lentes de vidrio se encuentra a 12 metros de la operación de generado.	Aunque los lentes de vidrio no se utilizan con mucha frecuencia, la máquina para pulir y afinar estos lentes, se encuentra a 12 metros aproximadamente de la operación de generado. Si contamos que es doble transporte para llevar el trabajo hasta la máquina de pulir y afinar vidrio y otro para devolverla a limpieza, son 24 metros que hacen que el operario pierda la continuidad de las operaciones	Poner la máquina de afinado y pulido de lentes de vidrio contigua a las máquinas de afinado y pulido de los demás tipos de lentes.	Reducción de transportes. Más concentración en las operaciones.		
Transporte entre Ingreso de datos al sistema DMS de las materias primas y comienzo del procesos de bisel.	Cuando los trabajos son de sólo bisel (es decir, no tienen que ser tallados), se genera un transporte de aproximadamente 9 metros desde donde se ingresan datos de la Materia Prima hasta donde comienza la operación de Bisel. Esto resta tiempo significativo a la operación de ingreso de datos de MP y genera movimiento de material riesgoso, ya que el operario está llevando hasta el proceso de Bisel alrededor de 15 gavetas.	En el Depósito de materias primas, colocar bandas transportadoras dirigidas tanto al comienzo de talla como al comienzo de bisel, lo que permite eliminar el transporte de las personas para llevar los trabajos al inicio de cada proceso.	Disminución del tiempo de transporte, la espera de los trabajos para ser acarreados, y el riesgo de daño sobre los trabajos en proceso.		
Transporte amplio entre generación y selección de moldes en talla.		Disminuir al máximo el transporte entre generación y selección de moldes, el cual no se puede eliminar del todo, por la dimensión del área de selección de moldes.	Reducción de transportes. Más concentración en las operaciones.		
Transporte entre biselado o color y las operaciones de perforación y rasuración.	Cuando los trabajos vienen con monturas al aire o 3 piezas, se genera un transporte de 9 mts. Desde la operación de biselado y color, hasta donde queda ubicado perforación y ranuración. Asimismo, desde perforación y ranuración hasta la operación de limpieza, conlleva otros 5 metros. Esto genera desorden en el proceso de producción y manejo de material innecesarios.	Unir en una sola línea de trabajo, que trabaje frente a las operaciones de dar color y filtros, montaje, perforación/ranuración & montaje y control de calidad limpieza y empaque, que es donde se unen las dos líneas de trabajo iniciales.	Su distribución permite eliminar los transportes que actualmente están entre ellas sin importar la combinación de las mismas.		
Transporte entre bloqueo y biselado.	Los trabajos que van a la operación de Marcar, Trazar & Bloquear, pasan después directamente a las biseladoras Briot, que son las ubicadas al final del	Se propone que queden contiguas las máquinas de cada familia (Briot y Weco), de tal manera que entre el marcado, trazado y bloqueo y el biselado no	Reducción de transportes. Más concentración en las operaciones.		

	<p>área de bisel. Este movimiento implica un transporte de 4 metros por trabajo, o lote de trabajos, con la consecuente inversión de tiempo por parte del operario encargado de este transporte. Así también sucede con las biseladoras Weco, que están separadas de sus bloqueadoras respectivas.</p>	<p>quedaron transportes para ninguna de las dos.</p>			
<p>Transporte entre final del proceso de talla y facturación.</p>	<p>Los trabajos de sólo talla cuando llegan al final del proceso (Control de Calidad) deben transportarse hasta la operación de facturación, lo cuál implica 10 mts. de transporte aproximadamente que le quitan continuidad al trabajo de la persona encargada de control de calidad</p>	<p>Se propone que el final de proceso de talla quede conexo a la sección de facturación.</p>	<p>Reducción de transportes. Más concentración en las operaciones.</p>		
<p>Espacio reducido en el depósito de materia prima.</p>	<p>La selección de la Materia Prima se dificulta debido a que el espacio donde ella se encuentra es reducido para la variedad tan amplia de referencias que existe actualmente y que día a día se acrecienta. Esto hace que haya materia prima ubicada bien sea en el piso o muy cerca del techo, lugares que dificultan la búsqueda de la misma y un paso fluido del personal.</p>	<p>Ampliar el depósito de Materia Prima.</p>	<p>Permitir el crecimiento de distintas Materias Primas y un adecuado flujo del trabajo dentro del área.</p>	<p>El costo de la nueva planta implica una inversión de \$134.774.866 en remodelaciones, y 145.000.000 (diferidos a 5 años por Leasing) en ampliación de la misma. (ver rubros 1, 9 y 10 del numeral 7.1.4)</p>	<p>La reducción en transportes mencionada anteriormente.</p> <p>Mayor organización en el área, que se puede ver representada en menor tiempo de selección de la materia prima al facilitarse la selección y el espacio para desplazarse.</p>
<p>Área de mantenimiento reducida.</p>		<p>Ampliar el área de mantenimiento de acuerdo con las necesidades manifestadas por la empresa.</p>	<p>Área de mantenimiento adecuada, para suplir las necesidades expresadas por la empresa.</p>		
<p>No hay sala de espera ni baño para los clientes visitantes</p>	<p>Los clientes visitantes no tienen un sitio adecuado para esperar atención. Algunas veces esperan de pie.</p>	<p>Colocar una sala de espera y un baño para los clientes visitantes a la empresa.</p>	<p>Mejor atención al cliente en la empresa.</p>		
<p>No hay un sitio para que los mensajeros entreguen los trabajos y recojan los que van a despachar.</p>	<p>Los mensajeros se conglomeran a la entrada del área de facturación, entorpeciendo el paso de personal y de los clientes en el área de recepción.</p>	<p>Colocar un área de mensajería, que se conecte con los procesos de preparación de trabajos y facturación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Menor dispersión de personas en el área de recepción y facturación - Sitio para recibir adecuadamente los trabajos a despachar y para descargar los pedidos entrantes 		

Los cambios propuestos anteriormente se ven reflejados en los Diagramas de Operaciones ([Anexo J](#)), Flujo ([Anexo K](#)), y Recorrido propuestos ([Anexo L](#)), con la disminución de transportes, eliminación de demoras y operaciones innecesarias y reducción de los tiempos por operación. El [Anexo I](#), cita las restricciones (físicas y económicas) que existían de antemano para la elaboración de los cambios propuestos, de modo que todos trataron de ser lo más óptimos posibles, dentro de las restricciones citadas. Además, en el [Anexo M](#), se muestran los nuevos Diagramas de precedencia para los procesos de Preparación de Trabajos y Biselado que fueron los que sufrieron cambios por eliminación y combinación de operaciones.

5.2.3 Propuestas a través del análisis del Balanceo de líneas

De acuerdo con los cambios anteriormente descritos para el proceso de producción, hubo combinación de 4 operaciones, convirtiéndose en dos; y hubo una eliminación. Los tiempos de estos cambios, debido a que esto es una propuesta y no una implementación, se tomaron por cronómetro, haciendo una prueba del funcionamiento de las operaciones cambiantes, cuyos nuevos procedimientos se muestran en los [anexos N y O](#) respectivamente.

El tiempo final por cronómetro se puede observar en el [Anexo P](#), los cuales se tomaron con operarios de gran experiencia en cada una de las operaciones, y que al ser combinaciones de las anteriores, no hubo mayor dificultad en su toma. Se realizó una toma de 10 muestras, y se calculó su error para saber si era necesario tomar más muestras, pero como se observa en los anexos mencionados, fue suficiente con las diez muestras para cada operación.

En todo momento (al igual que como se realizó en el muestreo), se colocó un rating factor del 100%, pues ese fue el verdadero rendimiento del personal durante todo tiempo. El porcentaje por suplementos, para calcular el tiempo estándar de las operaciones propuestas, se colocó igual al que resultó de la técnica del muestreo con la que se establecieron los tiempos actuales, que se recuerda es de 2,86%.

Esto se realizó para poder hacer un balanceo de líneas con la situación propuesta, que permita decidir cuantos operarios y/o máquinas van a asignarse para cada una de las operaciones.

En el [anexo Q](#), se puede observar que para el balanceo de líneas propuesto, se hicieron 124 iteraciones (la capacidad de la hoja de cálculo), en la cual la iteración número 111 (sombreada en color azul), da como resultado el mayor porcentaje de balanceo con una 91.05%. Para que Serviódptica logre la puesta en práctica de este balanceo, tendría que aumentar un poco más del doble tanto a operarios como a maquinaria. Como por el momento no es posible alcanzar este nivel dado el alto costo que ello representa (1500 millones de pesos aprox. en contratación y compra de maquinaria, y alrededor de 500 millones de pesos en la ampliación de la planta de operaciones), no es viable proponer este cambio de forma inmediata. Sin embargo, en la iteración número 32 del balanceo (sombreado en amarillo), se observa que el porcentaje de balanceo en que quedaría la empresa con las propuestas definidas anteriormente, y con los recursos con que cuenta actualmente (sin aumentarlos ni disminuirlos), el balanceo es de 77.68%, que supera al balanceo de líneas actual el cual es de 69.27% ([anexo R](#), columna sombreada en verde). Esto muestra que con los recursos humanos y de maquinaria con que cuenta la empresa actualmente, haciendo las inversiones requeridas para los cambios propuestos se puede mejorar la línea en un poco más del 8%.

Esto además de las propuestas definidas anteriormente, implica que un a de las máquinas afinadoras, debe tomarse como máquina pulidora, quedando en afinado 3 máquinas, y en pulido 6 máquinas.

6 PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y LOS MATERIALES

6.1 CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LA SITUACIÓN ACTUAL

Actualmente, el Departamento de Producción no hace una planeación de la producción en el nivel de las operaciones, que le permita mantener un flujo de trabajo que se ajuste a las necesidades del mercado, siendo otra de las razones por las cuales existen trabajos atrasados. Teniendo en cuenta la naturaleza de la empresa, el hacer una planeación y control diarios que tengan como base la demanda real, será de gran ayuda para el departamento de producción, pues se mejorará el flujo de trabajo y se aprovechará hará el máximo esfuerzo posible por aprovechar la línea de producción minimizando el horario extra.

En lo referente al manejo de inventarios, la empresa tiene una metodología aun empírica para su control, que aunque en términos generales tiene un buen funcionamiento, muy probablemente no es la más adecuada y sus costos pueden no ser los más atractivos. Aunque ese manejo de inventario de materias primas tiene en cuenta los períodos pasados, no hay un procedimiento adecuado para inventarios de seguridad ni para la elaboración de ordenes de compra a los proveedores, ya que estas últimas son en algunos momentos modificadas por una persona experta en el tema, y sin embargo hacen compras diarias. En esa medida, lo más adecuado, es que Servióptica continúe basándose en los datos históricos de la demanda de las diversas materias primas, para planear sus requerimientos, pero que lo haga con un procedimiento más estructurado (eliminado la parte empírica), manteniendo un alto nivel de servicio, a menor costo.

En los siguientes subcapítulos, se explicarán las propuestas y herramientas diseñadas para el desarrollo de la planeación de la producción y los materiales en la empresa. Todas las herramientas (de cálculo, planeación, etc.) incluidas en las propuestas, fueron implementadas en Excel a nivel prototipo (pretendiendo ilustrar con ello su funcionamiento), y adjuntan un instructivo de utilización, para favorecer su posible uso directo o implementación en el sistema de información actual de la empresa. Para algunas

herramientas, se adjuntan también los diagramas de flujo de datos, que coadyuvan en este proceso de integración.

6.2 PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Para dar a entender más fácilmente la naturaleza de la empresa, y cómo puede aplicarse en ella un proceso teórico de planeación de la producción, se explica a continuación, a través de un ejemplo cotidiano, la dinámica de producción de la misma.

Considérese entonces una empresa de tipografía, dedicada a la impresión de tarjetas de invitación a grados, matrimonios, eventos sociales, etc. Tal empresa, puede ofrecer tarjetas con diferentes:

- Tipos de papel
- Tipos de tinta
- Tipos de letra
- Colores

por citar unos cuantos. Nótese que una empresa de esta clase, no elabora tarjetas de un tipo específico (ej. Papel A, con letra B y tinta C), antes que sea el cliente mismo quien las ordene. Es decir, la empresa produce las tarjetas que previamente le pida un cliente, con las características por él especificadas.

Las predicciones de producción que quisiera hacer esta empresa, con seguridad no estarían enfocadas en productos específicos; por ejemplo, cuántas tarjetas de color A, en papel B, de tipo de letra C, se pedirán el siguiente mes, porque, no sólo es innumerable la gama de productos posibles, sino que en general, esta información no le sería del todo útil.

En cambio, sí quisiera saber cuántas tarjetas se imprimirán (independientemente de sus características), cuánta tinta de los diferentes tipos va a emplear, qué cantidad de cada clase de papel usará, etc., para un tiempo determinado. Obsérvese que en este caso, la empresa puede predecir, tanto la materia prima (papel, tinta, etc.), como los servicios u operaciones que se ejecutan sobre la misma (impresión, grabado, doblado, etc.).

De la misma manera funciona Servi3ptica: ella produce lentes oft3lricos (gafas), s3lo por orden expresa de los clientes (en este caso, las grandes 3pticas principalmente). Y de la misma manera en que la empresa tipogr3fica puede producir innumerables tarjetas, Servi3ptica puede producir innumerables lentes diferentes, de acuerdo con la f3rmula, el material del lente, el tipo de montura, los acabados, etc. En el caso de Servi3ptica, los materiales que puede pronosticar, son los lentes, principalmente, y los servicios u operaciones sobre 3stos son los procesos de tallado, biselado, color, filtros, RLX, ranuraci3n y perforaci3n.

Teniendo esto en cuenta, la aplicaci3n de un proceso de *planeaci3n de la producci3n* sobre Servi3ptica, debe aplicarse distintamente, tanto a los servicios u operaciones, como a las materias primas empleadas en el proceso productivo. En este caso, se propone aplicar la *planeaci3n agregada* sobre los servicios u operaciones (de modo que pueda predecirse la capacidad necesaria para cumplir con un n3mero estimado de servicios u operaciones durante un tiempo espec3fico), y la *planeaci3n de requerimientos de materiales (MRP)* sobre las materias primas (para anticipar el momento y la cantidad a adquirir de cada materia prima, durante un tiempo espec3fico).

En este 3ltimo caso, se obvia la realizaci3n de un *programa maestro de producci3n (MPS)* dado que demandar3a un registro de todos los posibles tipos de productos finales que la empresa puede generar, lo cual, como se explic3 en la analog3a, no s3lo es innumerable, sino resulta de muy poco inter3s y utilidad, en comparaci3n con los posibles requerimientos de materia prima y servicios, para un tiempo espec3fico (debe recordarse que el MPS, especifica cu3ntos productos finales ha de producir una empresa, en puntos espec3ficos de tiempo).²¹

Asimismo, se propone desarrollar la *programaci3n de las operaciones* (en el nivel m3s bajo del proceso productivo), para establecer, conforme se reciban las 3rdenes de trabajo, en qu3 momento, 3stas pueden ser entregadas, de acuerdo con los tiempos est3ndares de las operaciones y con el conocimiento de los trabajos que se encuentren en curso.

²¹ Esto se da tambi3n, porque el servicio es independiente de la materia prima. Por ejemplo, en Servi3ptica, la f3rmula que el cliente le solicite, es independiente de si le va a dar color, o bisel..

Debe notarse que en este caso, la planeación agregada sólo provee la cantidad de servicios u operaciones que habrán de ser ejecutados durante un tiempo específico, mas no el momento preciso en el que habrán de desarrollarse (todas en un mismo día, o distribuidas uniformemente a lo largo del tiempo considerado, etc.), razón por la cuál no es posible dar a los trabajadores con anterioridad, un programa exacto (Ej. diagramas de Gantt) que indique cuando empieza cada operación y cuando se termina, durante un tiempo largo. Por ello, es necesario efectuar un programa de operaciones más inmediato, como el mencionado, que facilite a la empresa la decisión de adquirir o no compromisos con sus clientes, y la entrega de información sobre sus pedidos.

Ya teniendo más claro cómo se pueden seguir para la empresa todos los pasos de la planeación de la producción, se explican a continuación las herramientas desarrolladas para ello.

6.2.1 Planeación agregada y evaluación de la planeación

Antes de hacer un control de las operaciones y tomar decisiones del día a día, la empresa debe realizar una planeación agregada mensual para un horizonte de seis meses, por tipo de servicio demandado, con el fin de elegir la estrategia (o estrategias) a utilizar para lograr un adecuado cubrimiento de la demanda.

De acuerdo con Russel y Taylor²², Existen 7 posibles estrategias que las empresas pueden tomar para cubrir la demanda, pero por la naturaleza de la empresa solo 3 de ellas pueden ser aplicadas. En el cuadro 14, se menciona cada estrategia, indicando si puede o no ser aplicada en Servióptica y por qué.

Cuadro 14. Estrategias para el cubrimiento de la demanda y su aplicación en la empresa

ESTRATEGIA	APLICABILIDAD (SI O NO)	RAZONES
Nivel De producción: producir a una tasa constante usando inventario para cubrir fluctuaciones en la demanda	NO	Por naturaleza, Servióptica no puede prestar un servicio de tallado o biselado a un lente que no necesariamente va a ser pedido, pues este lente tendrá una forma única de acuerdo con la montura que envíe el cliente y una fórmula única que el cliente solicitará de acuerdo con sus necesidades

²² RUSSELL Y TAYLOR, Op cit., Cap. 11.

Seguir la demanda: contratar y despedir trabajadores para coincidir con la demanda	NO	La empresa, por las características de trabajo tan especializado, no se puede 'dar el lujo' de contratar y despedir trabajadores, corriendo el riesgo de no conseguir fácilmente trabajadores lo suficientemente capacitados y ágiles, así como el riesgo de perder los que ya tiene cuando los despida y no los encuentre para volverlos a contratar.
Mantener altos recursos para altos niveles de demanda	NO	La empresa puede albergar recursos suficientes para cubrir altos niveles de demanda en lo referente a personal. No obstante, tener altos recursos en maquinaria y equipos de tan altos costos y tecnología (que no se consigue en el país) inutilizados una buena parte del tiempo, no tiene un sentido lógico para la empresa. Servióptica, solo adquiriría más recursos en la medida en que se vea un crecimiento sostenido y permanente de la demanda, y no por sucesos ocasionales, no frecuentes.
Aumentar o disminuir las horas de trabajo	SI	Cuando haya una demanda por fuera de lo esperado (promedio), se pueden ajustar horas extras de trabajo para cumplir con la demanda, y cuando sea por debajo se puede aprovechar la nueva reforma laboral, en la que se puede variar la jornada entre 4 y 10 horas diarias, siempre y cuando el tiempo total semanal sea de máximo 48 horas, sin pagar horas extras.
Subcontratar trabajo a otras empresas	NO	Servióptica es uno de los pocos laboratorios ópticos grandes del país, y es a ella a una de las que las ópticas comunes (Cafam, Punto de Vista, etc.) la subcontratan para realizar trabajos
Usar trabajadores por tiempo parcial	SI	Servióptica puede conseguir y capacitar trabajadores, para que estén tiempos parciales en los que puedan cubrir fluctuaciones altas de la demanda
Proveer el servicio o producto en un tiempo más tarde (<i>backordering</i>)	SI	Cuando definitivamente la empresa decida no colocar horas extras, o si no tiene la posibilidad de tener más trabajadores, puede hablar con el Cliente para decirle en que momento más tarde podría ser entregado su trabajo

Como estrategia inicial, se ha definido la disminución y aumento en las horas de trabajo, pues como se puede observar en el cuadro 15 con los datos reales del 2003, sólo en un mes (Junio) la capacidad sobrepasó uno de los servicios (talla) en un 25%, lo que indica

que con solo colocar unas horas extras que aparecen en el mismo cuadro indicadas, se podría cubrir la demanda.

Sin embargo, para contemplar otro tipo de estrategias en diferentes momentos, se diseñó una herramienta prototipo en Excel (ver [Anexo S](#) y [Herramienta 1](#) en EXCEL), con la que se podrán calcular o determinar:

- La capacidad que se prevé utilizar por cada tipo de servicio (u operación sobre las materias primas), de acuerdo con los pronósticos previstos y la capacidad actual de la empresa (herramienta de previsión, para definición de estrategias)
- Utilización real de la capacidad máxima de cada servicio, a nivel mensual (herramienta de evaluación, para modificación de estrategias utilizadas)
- Diferencias relativas entre los pronósticos y valores reales de cada uno de los servicios, a nivel mensual (herramienta de evaluación, para modificación de estrategias utilizadas y/o ajuste de herramienta de pronósticos)
- Utilización real de la capacidad máxima de cada servicio a nivel diario, con vista por semanas, y costo total (por servicio), de los servicios que tuvieron lugar, cada semana (herramienta de evaluación, para modificación inmediata de las estrategias utilizadas)

6.2.2 **Asignación de recursos diarios y consulta de trabajos**

Dentro de la misma herramienta prototipo para la planeación agregada, se han incluido otras dos aplicaciones, que facilitan la utilización efectiva de los recursos a nivel diario, y permiten proporcionar al cliente información oportuna sobre sus trabajos. Estas dos aplicaciones son ([Anexo S](#) y [Herramienta 1](#) en archivo magnético):

- Distribución de los recursos de acuerdo con la demanda real: permite conocer la utilización de la capacidad en cada operación a nivel diario, con el fin de facilitar la asignación de recursos (cuando por ejemplo, exista tiempo libre en algunas operaciones y simultáneamente, se requiera tiempo adicional al asignado, para la ejecución de otras), aprovechar al máximo la línea y disminuir así costos por no utilización de la capacidad – ver Diagrama de Flujo de Datos ([Anexo T](#)) -.

- Consulta de trabajos: esta aplicación, permite informar a los clientes para que fecha y hora se puede comprometer la empresa a entregar un trabajo específico (bien sea nuevo o en proceso), teniendo no solo en cuenta los tiempos establecidos para la realización de cada operación, sino también los trabajos que ya están en proceso y los cuellos de botella (o tiempos de espera).

Cuadro 15. Utilización real de la capacidad por servicios para el año 2003

Tallas

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Días de Pccion	23	22	24	22	22	22	23	22	24	23	22	23
Capacidad diaria (trabajos) por turno 9 horas	332	332	332	332	332	332	332	332	332	332	332	332
Capacidad de Producción	7636	7304	7968	7304	7304	7304	7636	7304	7968	7636	7304	7636
Demanda real	6415	6549	7000	6036	6536	6133	9526	6870	7933	7212	6455	7491
Utilización real de la capacidad	84,0%	89,7%	87,9%	82,6%	89,5%	84,0%	124,8%	94,1%	99,6%	94,4%	88,4%	98,1%

Biseles

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Días de Pccion	23	22	24	22	22	22	23	22	24	23	22	23
Capacidad diaria (trabajos) por turno 9 horas	606	606	606	606	606	606	606	606	606	606	606	606
Capacidad de Producción	13938	13332	14544	13332	13332	13332	13938	13332	14544	13938	13332	13938
Nivel de demanda real	10634	12359	12784	11300	11201	9342	12978	11048	12330	12302	9415	10126
Utilización real de la capacidad	76,3%	92,7%	87,9%	84,8%	84,0%	70,1%	93,1%	82,9%	84,8%	88,3%	70,6%	72,7%

Color

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Días de Pccion	23	22	24	22	22	22	23	22	24	23	22	23
Capacidad diaria (trabajos) por turno 9 horas	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
Capacidad de Producción	5520	5280	5760	5280	5280	5280	5520	5280	5760	5520	5280	5520
Nivel de demanda real	1834	2246	2448	1992	2136	1790	2192	2048	2436	2478	1686	1827
Utilización real de la capacidad	33,2%	42,5%	42,5%	37,7%	40,5%	33,9%	39,7%	38,8%	42,3%	44,9%	31,9%	33,1%

Filtros

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Días de Pccion	23	22	24	22	22	22	23	22	24	23	22	23
Capacidad diaria (trabajos) por turno 9 horas	680	680	680	680	680	680	680	680	680	680	680	680
Capacidad de Producción	15640	14960	16320	14960	14960	14960	15640	14960	16320	15640	14960	15640
Nivel de demanda real	5563	6473	6453	5717	5779	4783	6297	5699	6663	6518	5071	4903
Utilización real de la capacidad	35,6%	43,3%	39,5%	38,2%	38,6%	32,0%	40,3%	38,1%	40,8%	41,7%	33,9%	31,3%

Perforaciones

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Días de Pccion	23	22	24	22	22	22	23	22	24	23	22	23
Capacidad diaria (trabajos) por turno 9 horas	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
Capacidad de Producción	1012	968	1056	968	968	968	1012	968	1056	1012	968	1012
Nivel de demanda real	615	821	774	691	731	548	768	614	768	678	476	583
Utilización real de la capacidad	60,8%	84,8%	73,3%	71,4%	75,5%	56,6%	75,9%	63,4%	72,7%	67,0%	49,2%	57,6%

Ranuraciones

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Días de Pccion	23	22	24	22	22	22	23	22	24	23	22	23
Capacidad diaria (trabajos) por turno 9 horas	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108
Capacidad de Producción	2484	2376	2592	2376	2376	2376	2484	2376	2592	2484	2376	2484
Nivel de demanda real	744	836	974	895	1008	1515	2292	1864	2199	2239	1712	1867
Utilización real de la capacidad	30,0%	35,2%	37,6%	37,7%	42,4%	63,8%	92,3%	78,5%	84,8%	90,1%	72,1%	75,2%

RLX

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Días de Pccion	23	22	24	22	22	22	23	22	24	23	22	23
Capacidad diaria (trabajos) por turno 9 horas	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226
Capacidad de Producción	5198	4972	5424	4972	4972	4972	5198	4972	5424	5198	4972	5198
Nivel de demanda real	465	555	183	117	132	185	271	359	382	381	220	311
Utilización real de la capacidad	8,9%	11,2%	3,4%	2,4%	2,7%	3,7%	5,2%	7,2%	7,0%	7,3%	4,4%	6,0%

Fuente: Demandas reales: Coordinación del Sistema de Gestión de Calidad

6.3 PLANEACIÓN DE LOS MATERIALES

6.3.1 Objetivo de la planeación

Esencialmente, y de acuerdo con las condiciones expuestas sobre el actual manejo de los materiales (inventarios) en la empresa, el proceso de planeación de los materiales se centró en definir un modelo de manejo de inventarios, que permitiera establecer, *cuánto* y *cuándo* pedir cada una de las diferentes materias primas, y definir también un *inventario o stock de seguridad* para cada una.

6.3.2 Selección de los modelos a aplicar

Para elegir el (los) modelos de inventario que habrían de ser evaluados, se realizó inicialmente un estudio sobre los diferentes tipos de modelos existentes en la literatura (de demanda estacional, de demanda variable, probabilística, periódicos, no periódicos, para un solo producto, para familias de productos, etc.), para dentro de ellos, seleccionar aquellos aplicables, de acuerdo a las características de la demanda, los procesos de adquisición y pago de las materias primas, la capacidad de almacenamiento de la empresa, entre otros.

Hecho esto, se prefirieron dentro de los aplicables, aquellos que cumplieran mejor con los siguientes criterios, referentes a la utilidad del modelo: capacidad para ser implantado fácilmente dentro de la dinámica de funcionamiento de la empresa, capacidad para generar nuevos hábitos en el manejo del inventario, flexibilidad para ser ajustado o adaptado en el futuro cuando sea requerido, y capacidad para permitir el registro histórico de su funcionamiento, para posteriores modificaciones.

Y finalmente, de acuerdo con el tiempo y recursos disponibles para la realización de esta propuesta, se eligieron los modelos que se consideraron, satisfacían mejor todos los criterios involucrados. Este proceso, dio como resultado la selección de dos modelos para manejo de materias primas en el almacén (a los que se les practicaron algunas modificaciones necesarias) cuya operación se simuló y comparó con la dinámica actual de manejo de inventarios de la empresa.

6.3.3 Selección de las materias primas con las que se evaluarían los modelos

Antes de entrar en materia sobre cuáles fueron los modelos seleccionados, es importante anotar por qué y cómo se seleccionaron las materias primas a evaluar.

En primer lugar, debe anotarse que fue necesario hacer una selección de las materias primas a las que se había de evaluar el modelo, pues existen un poco más de 5000 materias primas diferentes que han estado activas (es decir han sido demandadas) en los dos últimos años, y tal cantidad, hacía bastante dispendioso y demorada la operación del modelo, en los términos que se pretendía (prototipo en hoja de cálculo).

De otro lado, en la selección era importante tomar en cuenta que:

- Un 90% de los proveedores son internacionales, y por tanto, los tipos de costos de hacer los pedidos son similares, pues los tramites de importación son los mismos independientemente del proveedor
- Cada proveedor generalmente suministra un grupo numeroso de materias primas, de modo que cada vez que se le hace un pedido, se le hace de una vez para todas las materias primas que sean necesarias

Por tanto, se decidió seleccionar como materias primas a evaluar, a todas aquellas que suministra un mismo proveedor (para este caso, uno de los mayoritarios en número de diferentes materias primas, y valores de compra), de modo que su evaluación, tomando en cuenta lo anterior, sea indicativa, de lo que sucedería al aplicar el modelo sobre las materias primas no evaluadas. En la cuadro 16 se ilustran los porcentajes de participación de los diferentes proveedores, respecto al número de materias primas diferentes, costos de compra, y consumos.

Cuadro 16. Participación de cada proveedor según demanda, costo total y cantidad de materias primas que provee

Proveedor*	Origen	Porcentaje participación por consumos	Porcentaje por costo total de las materias primas	Porcentaje por cantidad de materias primas que provee
Proveedor E	Nacional	38,42%	13,94%	8,52%
Proveedor A	Internacional	3,92%	12,64%	9,52%
Proveedor B	Internacional	3,64%	15,25%	16,32%
Proveedor C	Internacional	3,11%	2,46%	4,26%
Proveedor D	Internacional	0,03%	0,09%	0,83%
Proveedor F	Internacional	13,58%	16,68%	15,00%
Proveedor G	Internacional	1,18%	6,43%	10,91%
Proveedor H	Internacional	0,23%	0,30%	0,41%
Proveedor I	Internacional	0,07%	0,15%	0,30%
Proveedor J	Internacional	2,20%	13,24%	14,91%
Proveedor K	Internacional	33,62%	18,83%	19,02%

*Por confidencialidad de la empresa, se han cambiado los nombres de los proveedores. Los datos numéricos, son reales.

Fuente: Sistema de información de la Empresa. Informes de consumos, costos, y proveedores.

El proveedor seleccionado es el proveedor K (internacional), teniendo cuenta que la mayoría de los proveedores son internacionales, y que uno de los principales factores a evaluar para cada uno de los modelos es el costo, en los que este proveedor, a pesar de estar muy equiparado en consumos con el único proveedor nacional, tiene una incidencia mayor.

6.3.4 Datos tomados para la evaluación de los modelos

Teniendo en cuenta que los datos históricos con los que se contaba acerca de las demandas de cada materia prima eran de los años 2002 y 2003, y como la finalidad de la evaluación de los modelos es observar cómo se comportarían y qué costos tendrían si se aplicaran realmente, entonces se tomaron las demandas del 2002, para hallar las necesidades o pronósticos del 2003, y con ellos, calcular las cantidades y los momentos a pedir de cada materia prima, para después compararlos con el funcionamiento del modelo actual de la empresa, también en el año 2003.

6.3.5 Los modelos a aplicar

Los modelos escogidos para modelar el funcionamiento del manejo de inventarios en Servióptica fueron:

- Planeación de Requerimientos de Materiales (o MRP, por sus siglas en inglés)
- Modelo de Cantidades a Ordenar para una familia de productos

A continuación se explicará la implantación y el funcionamiento de los dos modelos, y en el capítulo 7 de Análisis Costo-Beneficio (numeral 7.3), se podrán observar sus resultados, comparados contra el funcionamiento actual.

6.3.5.1 Planeación de Requerimientos de Materiales (MRP)

Consideraciones sobre la implantación del modelo

El objetivo del MRP es determinar cuándo se necesitan las materias primas o subproductos, y programar su adquisición para que estén disponibles en el momento justo, ni antes ni después²³. Aunque MRP está preferentemente diseñado para productos conformados por varios elementos (estos últimos actuando como materias primas), su aplicación tiene especial interés, por permitir la adquisición oportuna de las materias primas, aunque los productos finales de Servióptica requieran sólo de los lentes, como materias primas esenciales.

Sin embargo, teniendo en cuenta que en la planeación de la producción de la empresa, no se hará uso del *programa maestro de producción - MPS* (ver numeral 6.2, Planeación de la producción), se tomarán en su reemplazo, los pronósticos de uso de cada una de las materias primas, que actualmente utiliza la empresa (calculados a través de un promedio móvil semestral).

Inventario de seguridad

Sobre la operación tradicional del MRP, se adicionó un inventario de seguridad, que en este caso, permitiría compensar: 1) los errores en la predicción de los consumos de cada materia prima, y 2) las variaciones posibles en el tiempo de reposición (lead time) desde que la materia prima es solicitada hasta que llega a la empresa.

²³ RUSSELL Y TAYLOR., Op. cit., Cap 13 P. 655

Este inventario, se calculó con el proceso explicado en el numeral 3.2.1.3 Inventarios de Seguridad, tomando como nivel de servicio al cliente, el 99,5% (igual al que actualmente maneja la empresa, de acuerdo con el indicador de devoluciones por falta de materia prima, que proporciona el Sistema de Gestión de Calidad)

Asimismo, fue necesario comprobar la normalidad de los consumos en la gran mayoría de materias primas evaluadas, como requisito previo para la aplicación de este cálculo. Como ejemplo, se muestra en las Figura 8, dos histogramas de frecuencias, de los consumos diarios de dos materias primas evaluadas.

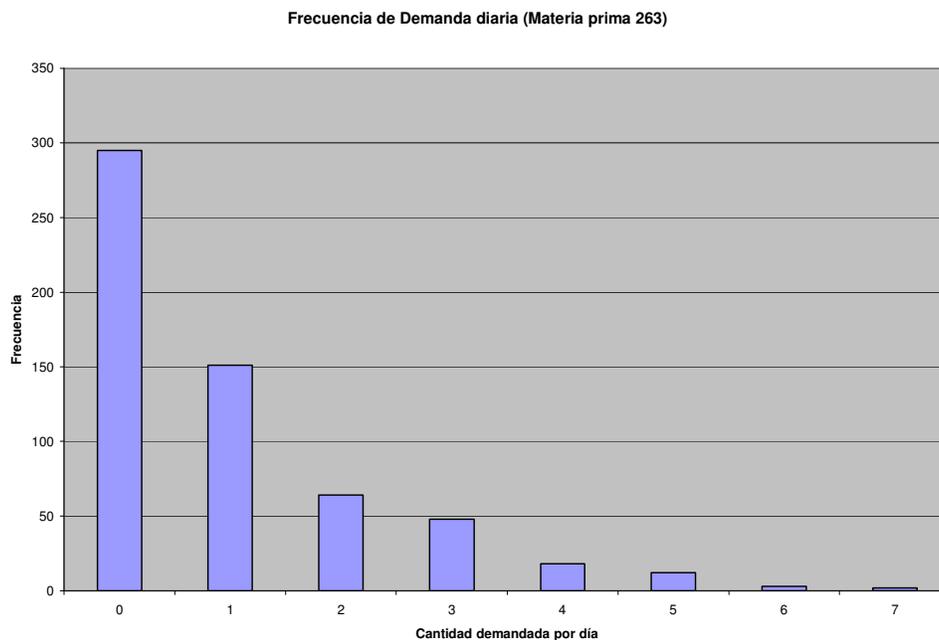


Figura 8. Ejemplo 1 del comportamiento diario de la demanda de materias primas

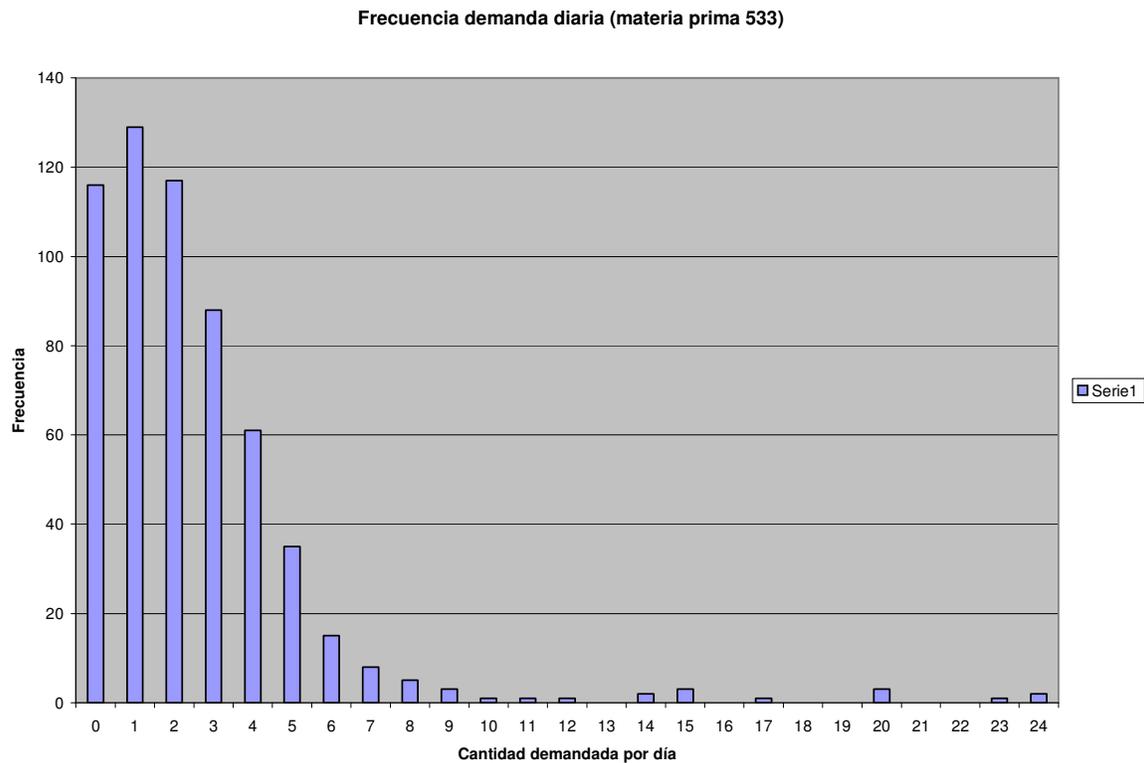


Figura 8. Ejemplo 2 del comportamiento diario de la demanda de materias primas

En general, pudo notarse, que la gran mayoría de ellas presenta un comportamiento de media campana gaussiana, generalmente poco extendida (valores cercanos a la media), y con medias entre 0 y 1.²⁴

Cuándo pedir y cuánto pedir

La implantación del modelo, se realizó a nivel prototipo en un archivo de Excel, para todas las materias primas seleccionadas. En el Cuadro 17, se muestra una de las vistas del prototipo, que se utilizará para explicar su forma de operación.

²⁴ Esto es entendible, si se tiene en cuenta que diariamente se producen en promedio, 1000 trabajos (2000 lentes), de entre 8000 materias primas diferentes.

En el encabezado del cuadro se encuentra el código de la materia prima, que para este documento se han asignado a las materias primas códigos numéricos sin descripción, para favorecer la confidencialidad de la empresa. También en el encabezado se encuentran una columna para el costo FOB, otra para el Lead Time (un mes, para este proveedor), la tercera para la cantidad disponible de unidades al inicio de la planeación (en este caso, el inventario al final del 31 de diciembre de 2002), el inventario de seguridad calculado para la materia prima en cuestión, y seguidamente, el cuadro central donde se colocan los siguientes ítems:

- Demanda real: la demanda mensual real que fue sucediendo a lo largo del año 2003
- Las necesidades Brutas que son equivalentes al pronóstico para cada uno de los meses
- El nivel de inventario, que indica al inicio de cada mes cuantas unidades de esa materia prima habrá en el inventario
- El Inventario de Seguridad (comportamiento real) que muestra como va variando el comportamiento real de inventario de seguridad, es decir si se llega a gastar todo o no. Por ejemplo, si el inventario de seguridad calculado debe ser de 300 unidades, y en nivel de inventario aparece en un período determinado 350, eso indica que el inventario de seguridad estará totalmente cubierto, es decir en la casilla "Inventario de Seguridad (comportamiento real)" del período, aparecerá 300 y habrá 50 adicionales que aparecerán en la casilla de Disponible.
- La cantidad disponible aparte del inventario de seguridad, esto es si el nivel de inventario al inicio de un período es menor que lo que debe haber de inventario de seguridad, entonces el disponible será 0 (cero), si no, entonces el disponible será el nivel de inventario del período menos el valor del inventario de seguridad.
- Las necesidades netas, que muestra cuantas unidades de la materia prima correspondiente, realmente se necesitan para cada uno de los períodos, teniendo en cuenta lo disponible al inicio del mes (momento en el cual se debe realizar el pedido para el mes que se está planeando, sin tener en cuenta el inventario de seguridad), y el pronóstico del mes que se planea.
- El lanzamiento de pedidos, es decir la cantidad que debe pedirse de cada materia prima, en el período en que aparece, para que las necesidades netas sean cubiertas en el momento justo.

Así en una hoja de Excel, debidamente formulada, que varía los resultados, conforme se varíen los datos de entrada, se hizo la modelación de cómo hubiera sido la planeación de materias primas para el año 2003 con este modelo.

En la última fila del cuadro de evaluación se coloca formulado para cada período, si hubo un cubrimiento total de la demanda real, y si no lo hubo, cuánto faltó. Así al final de toda la evaluación del modelo, se totalizaron los no cubrimientos para hallar el nivel de servicio real prestado a los clientes.

En el [anexo U](#) se encuentra el Diagrama de Flujo de datos del modelo y en la herramienta en EXCEL, llamada “[Herramienta2 - Modelo MRP](#)”; el prototipo montado en Excel, para facilitar al departamento de sistemas su integración al sistema de información de la empresa.

Así también en el numeral 7.3, se muestran y analizan los resultados de este modelo, respecto al siguiente, y al que opera actualmente en la empresa.

6.3.5.2 Modelo Cantidades a ordenar para una familia de productos

Consideraciones sobre la implantación del modelo

Como se indica en el numeral 3.2.1.1, este modelo permite hacer pedidos periódicamente, para una misma familia de productos, otorgando la cantidad a pedir de cada producto y el período en el cual deben ser pedidos.

Sin embargo, en este modelo, se practicaron algunas modificaciones, que se explicarán a continuación, junto con los valores tomados para cada uno de los parámetros del modelo:

- Costo A: Costo fijo de ordenar un pedido al proveedor, igual al usado en MRP
- Costo a_i : Costos por unidad adicional en el pedido (los cuales contemplan los fletes, transportes, seguros, aranceles), igual al usado en MRP
- Demanda D_i : Suma de las demandas mensuales reales en el año 2002
- Costo v_i : costo FOB (es decir el costo unitario que da el proveedor)

- Costo r : igual al usado en MRP. Aquí el costo de mantenimiento está contemplado, como la cantidad de dinero que le cuesta a la empresa, mantener un peso (\$1) de inventario de cualquier materia prima, durante un año.
- Inventario de seguridad nulo: Esta restricción se modificó, colocando como inventario de seguridad, el mismo calculado para el modelo MRP, sólo que esta vez, calculado teniendo en cuenta que aquí el pronóstico es cuatrimestral, y por tanto las restas para hallar los cuadrados de los errores, se hicieron con las demandas reales cuatrimestrales.
- Cantidad a ordenar de cada materia prima al momento de lanzar un pedido: En el modelo, esta cantidad es Q_i , para la materia prima i , independientemente del comportamiento de la demanda real y del inventario de esa materia prima al final de cada período de aprovisionamiento. Sin embargo, se efectuó una optimización del modelo, de modo que la cantidad a ordenar sea, Q_i más lo que falte para compensar el inventario de seguridad (si falta), al momento de lanzar el pedido; o bien, Q_i , menos el inventario adicional al de seguridad, si éste está completo y existe inventario adicional. De esta manera, se permite un cubrimiento más adecuado de la demanda.
- Lead time nulo: Esta restricción se reparó, indicando los momentos de lanzar el pedido, como el tiempo previsto por el modelo, menos el Lead Time del proveedor.

Implantación

Así operado, este modelo arrojó el tiempo de base T (17 semanas, o cuatro meses – ver [Anexo V](#)), los múltiplos de T (los m_i) cada uno de los cuales, debe pedirse cada materia prima, y las cantidades a pedir Q_i , con el ajuste señalado.

Este modelo fue implementado también a través de Excel, en un cuadro similar al propuesto para el modelo MRP (ver Cuadro 18). En este caso, las columnas también registran datos mensuales, dado que el Lead Time del proveedor fue expresado en meses (como una fracción del tiempo de base T), facilitando el cálculo que permitiría ajustar la cantidad Q_i del modelo. Este ajuste se calcula estableciendo, con base en la demanda real de cada mes, el estado del inventario de cada materia prima al final de cada período base T , de modo que se haga el incremento o decremento requerido sobre la cantidad calculada Q_i .

Otra diferencia a resaltar respecto al cuadro utilizado para el modelo MRP, es que en la fila en donde se colocaban las necesidades brutas, se coloca la cantidad Q (sin ajuste), que calcula el modelo, y en la fila titulada “Recepciones de pedidos planificados”, se coloca la cantidad Q, ajustada de acuerdo a lo ya mencionado.

Se presenta en el [anexo W](#) el diagrama de flujo de datos para este modelo y en la [herramienta 3](#) en EXCEL, llamada “Modelo Cantidad a ordenar por familia de productos”, el prototipo del modelo montado en Excel.

En el [Anexo X](#), se encuentra el procedimiento general propuesto a seguir para la Planeación de la producción y los Materiales, elaborado de acuerdo con las propuestas anteriores.

6.3.6 Evaluación de desempeño de los modelos propuestos, vs. el sistema actual

La siguiente, es una evaluación del comportamiento de los modelos aquí detallados, y su comparación entre sí y con el sistema actual. Esta evaluación pretende servir de apoyo al análisis costo/beneficio, explicado en el capítulo 7.

Para esta evaluación, se elaboró una lista de criterios (beneficios) a evaluar en cada uno de los modelos, para posteriormente contrastarlos con los posibles costos de su implantación. Los criterios son los siguientes:

- Costos: los costos de los modelos son uno de los criterios más importantes en el manejo de inventarios, puesto que se busca no solo una satisfacción del cliente, sino que la empresa minimice el costo en el manejo de los inventarios. Entre los costos que se tuvieron en cuenta están:
 - Costos fijos: los costos fijos son aquellos costos en los que se incurrirá en cada pedido independientemente de cuantas unidades y qué materias primas sean solicitadas. Entre estos reencuentran los costos fijos de importación, como son los que cobran las empresas Consultoras en Comercio por trámites de nacionalización, declaraciones de valor, documentación, comunicaciones, liberación y endoso de guía, entre otros.

- Costos variables: entre ellos se contemplaron a parte de los costos unitario que cobran los proveedores por cada unidad de materia prima, todos los costos que dependen de la cantidad o el peso de las materias primas pedidas, como son, fletes, transportes, seguros, aranceles y los costos de mantenimiento.

En el cuadro 19 se presentan detalladamente los costos de cada uno de los modelos, observando que ambos presentan un ahorro significativo en comparación con el modelos actual, siendo el modelo de “cantidades a ordenar para una familia de productos” más económico.

Cuadro 19. Costos fijos y variables de cada modelo de manejo de inventarios

Modelo	ACTUAL	MRP	EOQ
Costos			
Costos fijos por pedido	775.913	775.913	775.913
Número de pedidos	16	12	3
TOTAL COSTOS FIJOS	12.414.603	9.310.952	2.327.738
Costos variables			
FOB	621.691.756	537.252.525	519.785.788
Fletes	13.378.615	12.511.915	12.217.665
Seguros	3.108.459	2.686.263	2.598.929
Aranceles	63.817.883	55.245.070	53.460.238
Transportes	3.398.382	3.178.227	3.103.482
Mantenimiento	14.260.093	12.365.252	15.459.158
TOTAL COSTOS VARIABLES	719.655.188	623.239.252	606.625.260
COSTOS TOTALES	732.069.791	632.550.204	608.952.998

1. Cubrimiento: se entenderá como cubrimiento, el porcentaje de la demanda real que se hubiera cubierto con cada uno de los modelos aplicados incluyendo el actual.
2. Facilidad de implantación del modelo: Nivel de dificultad que representa el montaje, sobre los procesos actuales de la empresa (sistemas de información, sección de inventarios, etc.), del modelo propuesto

3. Mantenimiento y modificaciones al modelo: Capacidad del modelo para ser actualizado, o modificado fácilmente, conforme sea requerido (Ej. atender rápidamente los cambios en el mercado).

Para la evaluación de estos criterios, se elaboró un cuadro (ver cuadro 20), donde se consignan los valores cuantitativos o cualitativos, para cada uno, explicándolos brevemente en el caso cualitativo. Posteriormente, se realizó una ponderación de importancia de estos criterios de acuerdo con las necesidades de la empresa (ver cuadro 21), y finalmente, se dio una calificación en escala de 1 a 5, de los valores del Cuadro 20, para, con las ponderaciones del Cuadro 21, evaluar los criterios ponderadamente, en una escala final de 1 a 5 (ver Cuadro 22).

Cuadro 20. Evaluación de factores para los modelos actual y propuestos de manejo de inventarios

FACTOR	MODELO ACTUAL	MODELO MRP	MODELO Q's para familias de productos
Costos totales	732.069.791	632.550.204	608.952.998
Cubrimiento	99.49%*	99.50%	98.50%
Facilidades de implantación	El modelo ya está implementado, y ha venido funcionando de esa manera durante los últimos dos años.	Es un modelo muy sencillo de implementar, y permite generar la cultura de hacer pedidos periódicamente (siendo el período) igual para todos los proveedores. Su implantación es tan sencilla, que solo con los datos históricos de los últimos meses y el nivel de inventario de en el momento en que ha de ser un pedido solicitado (esto es mensualmente al inicio del período), ya se pueden calcular las necesidades previstas para el período.	Este modelo, aunque no tiene ninguna formulación compleja, si necesita más cálculos que el modelo de MRP, y además tienen que hacerse pedidos en distintos períodos de tiempo, uno para cada proveedor.
Mantenimiento y modificaciones al modelo	El modelo no es totalmente estructurado, puesto que hay muchas decisiones empíricas, lo que no permite facilita ajustes asados en datos, sino ajustes basados en la experiencia, la cual aunque es importante, conforme crece la dimensión de la empresa y aumenta la demanda, se sale más del manejo empírico y debe ser más estructurado.	Este modelo se adapta a los cambios del mercado rápidamente, pues el pronóstico se varía fácilmente en el tiempo	Como este modelo calcula el Q con base en las demandas del año anterior, y como el proceso para el cálculo no debe hacerse en períodos muy cortos pues tanto Q como T cambiarían cada vez que se haga cambio, lo cual generaría desorden en el manejo de inventarios, entonces no se puede adaptar rápidamente a los cambios del mercado

*De acuerdo con la información proporcionada por el Sistema de Gestión de Calidad, respecto al indicador para el año 2003 del nivel de servicio al Cliente.

Cuadro 21. Ponderación de los factores a evaluar

FACTOR	PONDERACIÓN	JUSTIFICACIÓN
Costos totales	35%	Sin duda los costos en todos los sentidos posibles, son para las empresas un factor decisivo muy importante, ya que con altos costos las utilidades disminuirán o las empresas pueden ir a la quiebra. Es por ello que ServiÓptica aunque quiera mantener su alto nivel de servicio al cliente, debe buscar hacerlo a los menores costos posibles para continuar siendo competitiva.
Cubrimiento	30%	Para ServiÓptica (como se pudo recalcar en la finalidad de este trabajo y sus objetivos) es muy importante ofrecer un buen nivel de servicio al cliente, que la haga más competitiva, manteniendo su gran participación en el mercado, por ser una de las ópticas quemador variedad de productos puede ofrecer a los clientes, reteniéndolos por esa misma razón
Facilidades de implantación	15%	Implantar un modelo implica una serie de inversiones en capacitación sobre el nuevo modelo, y en integración al sistema de información. Esto aunque acarrea algunos costos y algún tiempo dependiendo de la dificultad del modelo, una vez queda implementado ya está listo para ser usado tantas veces como sea necesario, razón por la cual es el factor de menor peso, sin dejar de ser un peso importante.
Mantenimiento y modificaciones al modelo	20%	Sin duda, todas las empresas, y más ServiÓptica con la implementación de su Sistema de Gestión de Calidad, tiene que estar en la búsqueda de un mejoramiento continuo. Ese mejoramiento toca también al manejo de inventarios, ya que este debe ajustarse cada vez más a las necesidades de la empresa y debe ser flexible para atender rápidamente las variaciones en el mercado, precisamente para continuar manteniendo el servicio al Cliente y minimizar al máximo los costos. Por ello se le da la misma importancia que al nivel de servicio al cliente.

Cuadro 22. Calificación de cada uno de los factores en cada modelo de inventarios

FACTOR	ACTUAL	MRP	Q's para familias de productos
Costos totales	3.0	4.0	4.5
Cubrimiento	5.0*	5.0*	5.0*
Facilidades de implantación	5.0	4.5	4.0
Mantenimiento y modificaciones al modelo	3.0	4.5	4.0
TOTAL	3.90	4.48	4.48

*Es la mayor calificación para todos, porque la meta de la empresa para el indicador es de 99% como mínimo, y todos sobrepasan la meta en la misma proporción

De acuerdo con el cuadro anterior, los dos modelos propuestos son muy buenas opciones para implementar en el manejo de inventarios, no sólo porque representan ahorros bien significativos en dinero, sino porque permiten implantar una cultura alrededor del manejo de inventarios que actualmente, como ha sido indicado, no es la más adecuada. Sin embargo, como esta evaluación corresponde sólo a un proveedor de materias primas, es necesario efectuar una evaluación similar para los demás proveedores para que, conjuntamente, pueda elegirse el modelo con el que la empresa desearía operar. De todas maneras, es importante recalcar los beneficios que ofrecen ambos modelos, razones por las cuales el modelo actual debe cambiarse por uno de ellos una vez se evalúen para el resto de las materias primas:

- Tener un proceso de planeación de los materiales organizado, y estructurado, que elimina decisiones empíricas
- Menores costos de manejo de inventarios
- Más facilidad para el ajuste de los modelos al comportamiento real del mercado
- Mayor nivel de servicio al cliente
- Se puede evaluar periódicamente el funcionamiento de los modelos, y al ser estructurados se pueden ajustar más fácilmente, en tanto que el actual, se ajusta por decisiones empíricas

Para implementar estos procedimientos de planeación de los materiales, la empresa debe asumir aproximadamente, el mismo tipo de costos señalados para los procedimientos de planeación de la producción; esto es, la implantación del modelo en el actual sistema de información (o en alguno paralelo), y la capacitación del personal requerido para la

operación y mantenimiento de dichas herramientas. Es evidente aquí también, que estos costos resultan prácticamente irrelevantes, si se comparan los beneficios que se proyectan a corto, mediano y largo plazo, con la implantación consistente de este tipo de procedimientos.

7. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

En este capítulo se señalan los principales beneficios y costos (inversiones), en los que debería incurrir la empresa, de acoger las propuestas reseñadas en los capítulos 5 y 6.

7.1 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

7.1.1 Descripción general

Para efectuar esta evaluación, se elaboró un *análisis por escenarios*, incluyendo en cada uno, el total de *gastos* para la implantación y mantenimiento de todas las propuestas, y los *ingresos* que puede obtener la empresa por el aprovechamiento de las oportunidades que éstas propuestas le generan.

El conjunto de gastos, se presenta separado en las categorías “Inversión inicial” y “Egresos anuales”, siendo éste último, el costo de mantenimiento de las inversiones, durante los 5 años posteriores a la inversión inicial (se fijan 5 años porque la planta piensa ampliarse por medio de un Leasing con término de 5 años). Asimismo, los ingresos se calculan en forma desglosada para esos cinco años.

Los diferentes escenarios (cuatro en total), se diseñaron de acuerdo a dos variables, cuyos valores pueden fluctuar, de acuerdo con el mejor o peor desarrollo de las propuestas implementadas; estas son: ahorro por la implementación del modelo de planeación de la producción y los materiales, y utilidad adicional por aumento en trabajos demandados. Se utilizan sólo estas dos, ya que el resto de los costos y beneficios obtenidos son fijos.

A continuación se describen cada uno de los escenarios propuestos.

7.1.2 Escenarios

7.1.2.1 Escenario Pesimista

En este escenario se presenta la peor situación que la empresa podría tener al invertir en este proyecto. Esto es, el ahorro mínimo que puede obtener por la implantación de los nuevos métodos de planeación de la producción y los materiales, y el no conseguir ningún cliente adicional (demanda estable) que le permita aprovechar la capacidad adicional que resulta de este proyecto.

De acuerdo con el cuadro 19 en el que se comparan los modelos de inventario propuestos versus el actual, el ahorro, si el modelo se implementara sólo para el proveedor evaluado sería de \$ 99.519.587 anuales, teniendo en cuenta que se aplica el modelo que menos ahorra según esa evaluación que es el de MRP. Se asume para este escenario, que este es el valor mínimo que la empresa podría ahorrar anualmente al implementar el modelo de planeación de la producción y los materiales.

7.1.2.2 Escenario Normal

En el escenario normal, se extrapola el ahorro de la implementación de los nuevos modelos de inventario a todos los proveedores. En esta evaluación se utiliza como modelo de inventarios, MRP (que es el que menos ahorro obtuvo respecto al actual), para compensar un poco, posibles errores en la estimación de los ahorros calculados.

Respecto a la variable de trabajos adicionales, en este escenario, se contempla que con un trabajo adecuado del área de mercadeo, la empresa logrará conseguir 20 trabajos diarios promedio adicionales, durante los 290 días hábiles que se trabajan por año.

7.1.2.3 Escenario Optimista

En este escenario se coloca la mejor situación que le puede suceder a la empresa con la ejecución de estas propuestas. Esto significa que la empresa lograría conseguir copar su capacidad productiva, es decir, que le demanden por día los 63 trabajos adicionales que está en capacidad de realizar, con la implementación de estas propuestas. Además, se considera que los ahorros por la implementación de los modelos de planeación de la producción y los materiales son un 10% más del ahorro establecido en el escenario normal.

7.1.2.4 Punto de equilibrio

Para efectuar este cálculo (indicado a través de la relación costo/beneficio), se contemplan dos posibles casos:

1° Corresponde a las mismas condiciones del *escenario pesimista*; es decir, se asume el mínimo ahorro posible por la implementación de los modelos de inventario, sin trabajos adicionales (demanda estable). En este caso, no existe punto de equilibrio, porque la relación costo/beneficio, es automáticamente, mayor a uno (el proyecto es viable con solo implementar el modelo de inventario al proveedor analizado). Por ello, se propone un segundo caso:

2° Consiste en la eliminación de todos los rubros (ingresos y gastos) que supone la implementación de la propuesta de los modelos de inventario y se calcula la cantidad de trabajos adicionales que deberían ser realizados durante el período de evaluación, para conseguir una relación costo/beneficio igual a uno (1). Esto, como se ve en el numeral 7.2.4, implica la realización de 15.439 trabajos adicionales anuales; es decir, entre 53 y 54 trabajos diarios de más, que de cualquier modo, está dentro de las capacidades de trabajo de la empresa.

En cada uno de los escenarios, se calculan: el *período de retorno de la inversión* y la *relación costo/beneficio*, como indicadores de la viabilidad de implantación de las propuestas.

7.1.3 Definición de la TREMA (Tasa de Rentabilidad Mínima Atractiva)

Siempre que se ha de tomar la decisión de invertir en algún proyecto, hay que definir el costo de oportunidad, que es el que mide el sacrificio de no poder recibir el interés que ofrece el mercado financiero u otro proyecto. Por eso la tasa que se elija como TREMA, debe reflejar las oportunidades sacrificadas al decidir si asignar o no los recursos a un proyecto.

En este caso, la TREMA fue definida como sigue:

- En primer lugar se definió la base, es decir, la mínima rentabilidad que debe ofrecer la implantación de éstas propuestas. Para ello se tomo la rentabilidad que ofrecen los TES actualmente, que es de 13.5% anual, ya que si se quisiera invertir el dinero en un negocio que no implique riesgo y ofrezca rentabilidad aceptable para un accionista podría ser la compra de un bono TES.
- Para completar esta tasa ofrecida por los TES, es necesario tener en cuenta el riesgo implícito que pueda traer la inversión en un proyecto de este tipo. Para definir este porcentaje se utilizó una metodología en donde se evaluó el riesgo en dos grandes categorías que pudieran afectar la inversión, cada una de las cuales tiene en cuenta los siguientes aspectos:
 - o Riesgo Económico: Se consideran variables económicas como por ejemplo:
 - Las negociaciones con los proveedores extranjeros
 - La fluctuación en las tasas de interés
 - Aumento en los costos de remodelaciones
 - Entrada de nuevos competidores al mercado
 - o Riesgo Social: Por ejemplo, aspectos que afecten el comportamiento de la sociedad frente a una óptica:
 - Reducción de la demanda de lentes oftálmicos
 - o Riesgo Tecnológico: Posibilidades tecnológicas que puedan afectar la demanda de lentes oftálmicos.
 - Desarrollo de tecnologías en el campo de la visión (operaciones con láser, lentes de contacto)

Una vez definidos los factores, se les fijó a cada uno un peso deliberado para sumarlo a la tasa mínima que ofrecen los TES, estos son:

- Riesgo Económico: 3.5 puntos.
- Riesgo Social: 1.5 puntos.
- Riesgo Tecnológico: 1.5 puntos.

Sumados con la base de 13.5% para los bonos TES, da una TREMA total de 20%, que va a representar la rentabilidad mínima para que la alta gerencia invierta su dinero en el desarrollo de estas propuestas.

7.1.4 Los rubros

A continuación se describen en detalle, el significado y forma de cálculo de cada uno de los rubros incluidos dentro de las evaluaciones. Sin embargo, se hace hincapié antes, en las siguientes observaciones:

- Para el cálculo del salario por persona por hora, se asumieron 4 semanas por mes, y 48 horas por semana. El valor por prestaciones durante todo el año incluyendo vacaciones, seguro, y todos los demás gastos en los que incurre la empresa por asalariado es del 50.75% adicional al valor del salario mismo.
- Cada uno de los rubros (ingresos y egresos), explicados a continuación (excepto la inversión inicial), son los calculados para el primer año. Para los demás años, todos estos valores se aumentan en un 7.04%, que es el promedio en los tres últimos años del IPC como se puede ver en el cuadro 23.

Cuadro 23. Índice de precios al consumidor años 2001 a 2003

IPC*		
2001	2002	2003
7,65%	6,99%	6,49%

Fuente: página de internet
<http://www.businesscol.com/economia/precios.htm>

1. Costo de las remodelaciones de la planta

Las remodelaciones, tanto en la planta actual como en el nuevo predio adquirido tienen un costo de \$ 137.774.866, de acuerdo con el presupuesto presentado por el arquitecto contratado (ver cuadro resumen 24).

Cuadro 24. Presupuesto de remodelaciones primer piso ServiOptica Ltda.

PRESUPUESTO PRIMER PISO SERVIOPTICA LTDA.	
Demolición	20.000.000
Cimientos	
Placa flotante	83.550.216
Subtotal	83.550.216
Estructuras en concreto	
Columnas de concreto	6.058.236
Concreto vigas sobre mampostería	9.214.610
Placa aerea maciza e=0.10	3.308.802
Subtotal	18.581.648
Mampostería	
Bloque no. 5 San Jose 0.12	423.134
Bloque no. 5 Santafe 0.12	10.408.472
Muro en tolete recodio comun 0.12	1.811.396
Subtotal	12.643.002
Carpinterías	
Puerta de entrada maciza en madera	1.273.800
Puerta placa 0.8	486.794
Ventana baño	257.847
Ventana redonda grande	868.122
Subtotal	2.886.563
TOTAL	134.774.866

Fuente: carpeta de Remodelaciones ubicada en el Departamento de Contabilidad

2. Costo de las bandas transportadoras: éste representa la inversión que debe hacerse para la compra e instalación de las bandas transportadoras cuya cotización soporte se encuentra en el [Anexo Y](#).
3. Lectores inalámbricos de códigos de barras, para la operación de selección y descarga de materia prima: para esta operación deben adquirirse 2 lectores inalámbricos (ya que serán 2 operarios de acuerdo con el balanceo de líneas propuesto, los que se deben asignar a esta operación), cuya cotización soporte se encuentra en el [Anexo Z](#)²⁵.
4. Capacitación en nuevas operaciones: de acuerdo con las propuestas realizadas, se han combinado cuatro operaciones para convertirse en dos. Para ello se requiere capacitar al personal asignado a las antiguas operaciones, en la estructura de las dos nuevas. Esto implica capacitar a 5 personas (3 para la operación de tomar, engavetar e ingresar pedidos al DMS; y 2 para la operación de Selección de MP y descarga del

sistema), teniendo en cuenta que serán 2 personas las que han de realizar la capacitación (el Supervisor del área de Recepción, y el Supervisor del área de Depósito).

Esta capacitación tomará solamente 1 sesión de 4 horas, que podría realizarse un sábado, y ser pagada como horas extras. Esto tendría un costo de (cuadro 25):

Cuadro 25. Costos de capacitación en nuevos métodos de trabajo

Personal	Cant.	Salario mensual	Costo por hora incluyendo prestaciones	Recargo por hora extra	Costo total de capacitación
Personal capacitado	5	Mínimo (\$358.000)	\$2.811	25%	\$70.275
Personal que capacita	2	\$700.000	\$5.496	25%	\$54.960
				TOTAL	\$125.235

5. Capacitación en nuevos modelos para la planeación de la producción y los materiales: Debe capacitarse en estos nuevos modelos a: la alta gerencia (2 personas), el jefe de producción, el jefe de logística, y el jefe de sistemas. Esta capacitación tomará 4 sesiones de 4 horas cada una, las cuales se podrían hacerse los sábados, y ese tiempo se cancelarse como horas extras. Su costo se calcula como sigue (cuadro 26):

Cuadro 26. Costos de capacitación en nuevos modelos de planeación de la producción y los materiales

Personal	En calidad de	Salario mensual	Costo por hora incluyendo prestaciones	Recargo por hora extra	Costo total de capacitación
Gerente	capacitado	\$3.240.000	\$25.439	25%	\$508.780
Sub-gerente	capacitado	\$3.240.000	\$25.439	25%	\$508.780
Jefe de producción	capacitado	\$1.836.000	\$14.415	25%	\$288.300
Jefe de	capacitado	\$2.000.000	\$15.703	25%	\$314.060

²⁵ La cotización viene en dólares. La tasa que se asumió para pasar a pesos fue de \$2.800 pesos por dólar.

Logística					
Jefe de Sistemas	capacitado	\$972.000	\$7.632	25%	\$152.640
Persona que capacita	Persona que capacita	Por prestación de servicios	\$30.000	No aplica	\$480.000
TOTAL					\$2.252.560

6. integración de los modelos de inventarios al sistema de información: Luego de dar a conocer al Departamento de Sistemas de la empresa los prototipos de los modelos, los diagramas de flujo de datos de los mismos y los nuevos procedimientos, y teniendo en cuenta que el sistema de información de la empresa ya tiene todas las bases de datos de materias primas, demandas, tiempos de producción, costos de las materias primas, y demás datos necesarios que contemplan los modelos, el Dpto. de Sistemas definió que lo único que se necesitaba realizar para la integración de los mismos al sistema de información era esencialmente, desarrollar la formulación de los modelos en un módulo con la respectiva interfaz, y posteriormente, hacerle las revisiones y correcciones pertinentes. También estimó que el tiempo máximo que este procedimiento toma es de 3 meses por parte de una sola persona trabajando de tiempo completo.

Además de ello, plantearon que el costo que tiene por hora hombre, el desarrollo de software es de \$16.000. Por tanto, si se tiene en cuenta que son 3 meses, con 12 semanas, cada una de 48 horas, el costo total es de \$ 9.216.000.

7. Orden al interior de las operaciones: para esta propuesta se requiere efectuar una reunión con todo el personal de producción (50 operarios), para explicarles la nueva directriz respecto al orden al interior de las operaciones. Esta reunión general podría tomar un tiempo de 15 minutos, que está representado por lo que equivale este tiempo en salario mínimo con prestaciones sociales incluidas. Este costo es de \$35.138.
8. Cambio de lugar de ingreso a INNOVATIONS y revisión de bases: Para intercambiar de lugar los dos puestos de trabajo, se requiere un máximo de una hora por parte de

un trabajador. Esto, para no interferir con la producción, se puede hacer en horas extras después de la jornada laboral. El costo de una hora extra (salario mínimo más prestaciones) es de \$2.811, y se le recarga el 25% por horario extra, queda un costo de \$3.514.

9. Cuotas de Leasing para la adquisición del nuevo predio: La alta gerencia tomo con antelación a la elaboración de las propuestas, la decisión de que la adquisición del nuevo predio para la ampliación de la planta se llevaría a cabo por Leasing. El predio tiene inicialmente un costo de \$145.000.000, y la empresa de leasing, difiere este rubro en cuotas mensuales iguales (sin cuota inicial), y una cuota de adquisición al final del período del Leasing. Estas cuotas mensuales son de \$3.453.947, y la cuota de opción de compra es del 10% del valor de la casa, es decir, %14.500.000. Teniendo en cuenta que el predio tiene 3 pisos, de los cuales solo el primero corresponderá al área de producción de la empresa, los costos asumidos en este rubro son una tercera parte de los presentados por el leasing. Como soporte, se muestra en el [anexo AA](#), una copia de la amortización total del leasing durante los 5 años.
10. Opción de compra del leasing: como se comentó anteriormente, la opción de compra es de \$14.500.000, los cuáles se pueden ver soportados en la tercera página del anexo AA en la última cuota.
11. Mantenimiento y modificaciones a los modelos de planeación de la producción y los materiales: Se estima que el mantenimiento y modificaciones de los modelos se llevará a cabo durante un día completo mensualmente, por parte del jefe de Logística, el Jefe de producción y el Jefe de Sistemas de la empresa (Cuadro 27).

Cuadro 27. Costos de mantenimiento y modificaciones a modelos de planeación de la producción y los materiales

Persona	Tiempo total anual (horas)	Salario por hora (incluyendo prestaciones)	Costo total
Jefe de Logística	96	\$15.703	\$1.507.488
Jefe de producción	96	\$14.415	\$1.383.840
Jefe de Sistemas	96	\$7.632	\$732.672

TOTAL	\$3.624.000
--------------	--------------------

12. Servicios públicos adicionales: El único servicio público adicional tenido en cuenta para este rubro, es la energía eléctrica. El teléfono, y el agua se omiten, puesto que de acuerdo con las propuestas aquí planteadas no se contratará personal adicional, no se invertirá en maquinaria adicional, ni se adquirirán más líneas telefónicas. Por tanto, el único servicio público en el que debe haber un aumento es en el de energía. De acuerdo con el promedio de costo de energía por metro cuadrado durante el último año, obtenido del sistema de información de la empresa, el costo de energía anual por metro cuadrado está en \$20.095. Teniendo en cuenta que la planta adicional para la zona de producción, tiene un área de 222.64 metros cuadrados, el costo adicional de energía para el primer año ha de ser de \$4.473.950 para el primer año.
13. Personal de Aseo: para el nuevo predio hay que contratar una persona más para el servicio de aseo, teniendo en cuenta que para el predio actual hay dos personas. Como el área de producción es solo una tercera parte del nuevo predio, se estiman los costos anuales adicionales también en una tercera parte de un salario mínimo más prestaciones.
14. Materiales de aseo: el costo de materiales de aseo adicionales, también se obtuvo, al igual que el servicio de energía eléctrica, del sistema de información de la empresa. Este costo es de \$2.418 pesos/m², promedio anual. Entonces para el primer año el costo adicional será de \$538.344.
15. Eliminación de la operación organización de trabajos: esta operación tiene un tiempo por trabajo de 0.3762 minutos. Teniendo en cuenta que por esta operación pasan anualmente 130.760 trabajos de acuerdo con el la información suministrada por el jefe de producción, se ahorrarán 819,8 horas por año. Como esta operación la realiza actualmente el supervisor del área y esta no es una de sus funciones (por lo cual le resta tiempo a sus funciones verdaderas), la empresa ahorrará ese tiempo en horas extras del supervisor (esto es, el tiempo adicional que debe laborar para cumplir con sus labores verdaderas), cuyo salario mensual actual es de \$1.036.000. Como el recargo adicional por hora extra es del 25%, el ahorro para el primer año será de \$8.335.540

16. Combinación de operaciones de Selección de MP y descarga del sistema: la operación de selección de materia prima tiene actualmente 2 operarios a cargo, y la de descarga de la MP del inventario tiene una persona, para un total de 3 trabajadores. Al combinar las dos operaciones, de acuerdo con el balanceo de líneas propuesto, quedan solo dos personas a cargo de la nueva operación. Esto ahorra el costo de 1 persona menos, que teniendo en cuenta el salario mínimo incluyendo prestaciones, el ahorro para el primer año sería de \$6.476.220.
17. Combinación de operaciones de engavetado e ingreso de datos al sistema DMS: El tiempo de esta nueva operación respecto al tiempo total de las dos anteriores, es menor en 0.1065 min/trabajo. Para 723 trabajos diarios en promedio que pasan por esta operación de acuerdo con las bases de datos de producción, esto implica un ahorro de 1.28 horas/día equivalentes a \$1.043.391 anuales que la empresa se ahorrará (salario mínimo más prestaciones sociales).
18. Reducción de devoluciones por confusión de trabajos debida al orden al interior de las operaciones: De acuerdo con el indicador del sistema de Gestión de calidad, el 0.034% de los trabajos son devueltos por confusión entre ellos. Esto implica que el trabajo debe volver a realizarse, lo cual acarrea los costos de tiempo y materia prima adicional. Este porcentaje en el año, equivale a 79 trabajos anuales (teniendo en cuenta 800 trabajos por día y 290 día laborales) que deben repetirse por esta causa. Teniendo un costo promedio de materias primas de \$21.000 por trabajo, el ahorro sería de \$1.659.000 para el primer año.
19. Reducción de costos por implementación de modelos de inventarios y planeación de la producción: Esta es la primera de las dos variables que se hicieron fluctuar en el análisis por escenarios. El ahorro mínimo obtenido sería de \$99.519.587 anual, si se implementara el modelo sólo para el proveedor evaluado en el modelo de MRP. El ahorro en el escenario normal, sería el que supondría aplicar este mismo modelo de inventarios sobre todos los proveedores restantes, determinándolo (a través de una regla de tres) de acuerdo con la participación de costo total de las materias primas de estos restantes proveedores (Cuadro 16). El ahorro máximo que se prevé obtener (escenario optimista), se estima en un 10% más del ahorro obtenido en el escenario normal.

20. Reducción de costos por eliminación de retrabajos en Ingreso de datos al sistema Innovations: el porcentaje reportado en el último año, de materia prima devuelta al depósito (respecto al total de trabajos demandados) por ser defectuosa o mal seleccionada, es de 1.65%. Esta devolución de materia prima implica doble operación en Innovations (porque la revisión de bases se encuentra posterior al ingreso de datos al sistema Innovations), lo cual, teniendo en cuenta que el promedio de trabajos diarios que pasan por esta operación son 306 (de acuerdo con la jefatura de producción), hace que sean 1464 retrabajos anuales. Esto tiene un costo de: el salario mínimo multiplicado por el tiempo de la operación que es de 1.5975 minutos por trabajo, lo cual suma un total de \$109.564 para el primer año.
21. Trabajos adicionales anuales por reducción de transportes y mejoramiento de balanceo de línea (segunda variable fluctuante en el análisis por escenarios): de acuerdo con las propuestas realizadas, se tiene capacidad adicional diaria de 63 trabajos, sin incurrir en horas extras. Esto, teniendo en cuenta que se trabaja 290 días al año aproximadamente (eliminando domingos y festivos), da una capacidad adicional anual de 17.980 trabajos. En cada uno de los escenarios, se modifican estos valores, según fue explicado.
22. Utilidad por trabajos adicionales: En el cuadro 28, se muestra el valor de las ventas para el año 2003.

Cuadro 28. Ventas en pesos y cantidades del año 2003

AÑO 2003	
VALOR TOTAL VENTAS	\$ 7.992.498.542
CANTIDAD DE TRABAJOS VENDIDOS	204.302
VALOR PROMEDIO VENTA	\$ 39.121

Venta promedio Año 2004 = \$39.121 * 107.04% = \$41.875

Fuente: Sistema DMS / Informes / Ventas

A partir de este valor de ventas, y teniendo en cuenta el porcentaje de utilidad (10% en promedio, según el Departamento de Contabilidad), se calcularon las utilidades para los años subsiguientes, teniendo en cuenta los aumentos hechos con base en el IPC, ya explicado.

7.2 RESULTADOS

7.2.1 Escenario Pesimista y punto de equilibrio (situación 1: con implantación de modelos de inventario)

TREMA		20%				
RUBRO	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
INVERSIÓN INICIAL						
1	Costo de remodelaciones	137.774.866				
2	Costo de bandas transportadoras	52.100.000				
3	Hand held para la operación de selección y descarga de MP	5.521.600				
4	Capacitación en nuevas operaciones	125.235				
5	Capacitación en nuevos modelos de inventario	2.252.560				
6	Integración de los modelos de inventarios al sistema de información	9.216.000				
7	Orden al interior de las operaciones	35.138				
8	Cambio de lugar entre ingreso a INNOVATIONS y Revisión de bases	3.514				
TOTAL INVERSIÓN INICIAL		207.028.913				
EGRESOS ANUALES						
9	Cuotas del Leasing para la ampliación de la planta		14.092.096	14.092.096	14.092.096	14.092.096
10	Opción de compra del Leasing					4.930.000
11	Mantenimiento y modificaciones a los modelos (tiempo del Jefe de logística + tiempo del dpto de sistemas), 2 días al mes		3.624.000	3.879.130	4.152.220	4.444.537
12	Servicios públicos adicionales (luz)		4.473.950	4.788.916	5.126.056	5.486.930
13	Personal de Aseo (1 adicional)		2.163.057	2.315.337	2.478.336	2.652.811
14	Materiales de aseo		538.344	576.243	616.811	660.234
TOTAL EGRESOS ANUALES		24.891.447	25.651.721	26.465.519	27.336.608	33.199.022
INGRESOS ANUALES						
Ahorros						
15	Eliminación de operación organización trabajos		8.335.540	8.922.362	9.550.496	10.222.851
16	Combinación de operaciones de selección de MP y descarga del sistema		6.476.220	6.932.146	7.420.169	7.942.549
17	Combinación de operaciones de engavetado e ingreso de datos al DMS		1.043.391	1.116.846	1.195.472	1.279.633
18	Reducción de devoluciones por confusión de trabajos debida al orden al interior de las operaciones		1.659.000	1.775.794	1.900.809	2.034.626
19	Reducción de costos por modelo de inventarios (min 100millones, max 500millones aprox.)		99.519.587	106.525.766	114.025.180	122.052.553
20	Reducción de costos por eliminación de retrabajos en innovations		109.564	117.277	125.534	134.371
Ingresos						
21	Trabajos adicionales anuales por mejoramiento en balanceo de líneas y reducción de transportes(entre 0 y 18270, teniendo 290 días al año)		-			
22	Utilidades por trabajos adicionales que podrían hacerse de acuerdo al balanceo de líneas propuesto		-	-	-	-
TOTAL INGRESOS ANUALES			117.143.302	125.390.190	134.217.660	143.666.583
VALOR FLUJO (INGRESOS - EGRESOS)		-207.028.913	92.251.855	99.738.469	107.752.141	116.329.975
PERIODO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN (20% e.a.), EN AÑOS			2,9930			
Relacion costo beneficio			1,5121			

7.2.2 Escenario normal

TREMA		20%				
RUBRO	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
INVERSIÓN INICIAL						
1	Costo de remodelaciones	137.774.866				
2	Costo de bandas transportadoras	52.100.000				
3	Hand held para la operación de selección y descarga de MP	5.521.600				
4	Capacitación en nuevas operaciones	125.235				
5	Capacitación en nuevos modelos de inventario	2.252.560				
6	Integración de los modelos de inventarios al sistema de información	9.216.000				
7	Orden al interior de las operaciones	35.138				
8	Cambio de lugar entre ingreso a INNOVATIONS y Revisión de bases	3.514				
TOTAL INVERSIÓN INICIAL		207.028.913				
EGRESOS ANUALES						
9	Cuotas del Leasing para la ampliación de la planta		14.092.096	14.092.096	14.092.096	14.092.096
10	Opción de compra del Leasing					4.930.000
11	Mantenimiento y modificaciones a los modelos (tiempo del Jefe de logística + tiempo del dpto de sistemas), 2 días al mes		3.624.000	3.879.130	4.152.220	4.444.537
12	Servicios públicos adicionales (luz)		4.473.950	4.788.916	5.126.056	5.486.930
13	Personal de Aseo (1 adicional)		2.163.057	2.315.337	2.478.336	2.652.811
14	Materiales de aseo		538.344	576.243	616.811	660.234
TOTAL EGRESOS ANUALES			24.891.447	25.651.721	26.465.519	27.336.608
INGRESOS ANUALES						
Ahorros						
15	Eliminación de operación organización trabajos		8.335.540	8.922.362	9.550.496	10.222.851
16	Combinación de operaciones de selección de MP y descarga del sistema		6.476.220	6.932.146	7.420.169	7.942.549
17	Combinación de operaciones de engavetado e ingreso de datos al DMS		1.043.391	1.116.846	1.195.472	1.279.633
18	Reducción de devoluciones por confusión de trabajos debida al orden al interior de las operaciones		1.659.000	1.775.794	1.900.809	2.034.626
19	Reducción de costos por modelo de inventarios (min 100millones, max 500millones aprox.)		528.516.129	565.723.664	605.550.610	648.181.373
20	Reducción de costos por eliminación de retrabajos en innovations		109.564	117.277	125.534	134.371
Ingresos						
21	Trabajos adicionales anuales por mejoramiento en balanceo de líneas y reducción de transportes(entre 0 y 18270, teniendo 290 días al año)		5.800			
22	Utilidades por trabajos adicionales que podrían hacerse de acuerdo al balanceo de líneas propuesto		24.244.000	25.950.778	27.777.712	29.733.263
TOTAL INGRESOS ANUALES			570.383.844	610.538.866	653.520.802	699.528.667
VALOR FLUJO (INGRESOS - EGRESOS)		-207.028.913	545.492.396	584.887.145	627.055.283	672.192.059
PERIODO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN (20% e.a.), EN AÑOS		0,4554				
Relacion costo beneficio		8,8653				

7.2.3 Escenario optimista

TREMA		20%					
RUBRO	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	
INVERSIÓN INICIAL							
1	Costo de remodelaciones	137.774.866					
2	Costo de bandas transportadoras	52.100.000					
3	Hand held para la operación de selección y descarga de MP	5.521.600					
4	Capacitación en nuevas operaciones	125.235					
5	Capacitación en nuevos modelos de inventario	2.252.560					
6	Integración de los modelos de inventarios al sistema de información	9.216.000					
7	Orden al interior de las operaciones	35.138					
8	Cambio de lugar entre ingreso a INNOVATIONS y Revisión de bases	3.514					
TOTAL INVERSIÓN INICIAL		207.028.913					
EGRESOS ANUALES							
9	Cuotas del Leasing para la ampliación de la planta		14.092.096	14.092.096	14.092.096	14.092.096	
10	Opción de compra del Leasing					4.930.000	
11	Mantenimiento y modificaciones a los modelos (tiempo del Jefe de logística + tiempo del dpto de sistemas), 2 días al mes		3.624.000	3.879.130	4.152.220	4.444.537	4.757.432
12	Servicios públicos adicionales (luz)		4.473.950	4.788.916	5.126.056	5.486.930	5.873.210
13	Personal de Aseo (1 adicional)		2.163.057	2.315.337	2.478.336	2.652.811	2.839.569
14	Materiales de aseo		538.344	576.243	616.811	660.234	706.715
TOTAL EGRESOS ANUALES			24.891.447	25.651.721	26.465.519	27.336.608	33.199.022
INGRESOS ANUALES							
Ahorros							
15	Eliminación de operación organización trabajos		8.335.540	8.922.362	9.550.496	10.222.851	10.942.540
16	Combinación de operaciones de selección de MP y descarga del sistema		6.476.220	6.932.146	7.420.169	7.942.549	8.501.704
17	Combinación de operaciones de engavetado e ingreso de datos al DMS		1.043.391	1.116.846	1.195.472	1.279.633	1.369.719
18	Reducción de devoluciones por confusión de trabajos debida al orden al interior de las operaciones		1.659.000	1.775.794	1.900.809	2.034.626	2.177.864
19	Reducción de costos por modelo de inventarios (min 100millones, max 500millones aprox.)		581.367.741	622.296.030	666.105.671	712.999.510	763.194.676
20	Reducción de costos por eliminación de retrabajos en innovations		109.564	117.277	125.534	134.371	143.831
Ingresos							
21	Trabajos adicionales anuales por mejoramiento en balanceo de líneas y reducción de transportes(entre 0 y 18270, teniendo 290 días al año)		18.270				
22	Utilidades por trabajos adicionales que podrían hacerse de acuerdo al balanceo de líneas propuesto		76.368.600	81.744.949	87.499.794	93.659.779	100.253.428
TOTAL INGRESOS ANUALES			675.360.056	722.905.404	773.797.945	828.273.320	886.583.762
VALOR FLUJO (INGRESOS - EGRESOS)		-207.028.913	650.468.609	697.253.683	747.332.426	800.936.712	853.384.740
PERIODO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN (20% e.a.), EN AÑOS			0,3819				
Relacion costo beneficio			10,5684				

7.2.4 Punto de equilibrio (situación 2: sin contemplar implantación de modelos de inventario)

TREMA		20%				
RUBRO	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
INVERSIÓN INICIAL						
1 Costo de remodelaciones	137.774.866					
2 Costo de bandas transportadoras	52.100.000					
3 Hand held para la operación de selección y descarga de MP	5.521.600					
4 Capacitación en nuevas operaciones	125.235					
5 Capacitación en nuevos modelos de inventario	-					
6 Integración de los modelos de inventarios al sistema de información	-					
7 Orden al interior de las operaciones	35.138					
8 Cambio de lugar entre ingreso a INNOVATIONS y Revisión de bases	3.514					
TOTAL INVERSIÓN INICIAL	195.560.353					
EGRESOS ANUALES						
9 Cuotas del Leasing para la ampliación de la planta		14.092.096	14.092.096	14.092.096	14.092.096	14.092.096
10 Opción de compra del Leasing						4.930.000
11 Mantenimiento y modificaciones a los modelos (tiempo del Jefe de logística + tiempo del dpto de sistemas), 2 días al mes		3.624.000	3.879.130	4.152.220	4.444.537	4.757.432
12 Servicios públicos adicionales (luz)		4.473.950	4.788.916	5.126.056	5.486.930	5.873.210
13 Personal de Aseo (1 adicional)		2.163.057	2.315.337	2.478.336	2.652.811	2.839.569
14 Materiales de aseo		538.344	576.243	616.811	660.234	706.715
TOTAL EGRESOS ANUALES		24.891.447	25.651.721	26.465.519	27.336.608	33.199.022
INGRESOS ANUALES						
Ahorros						
15 Eliminación de operación organización trabajos		8.335.540	8.922.362	9.550.496	10.222.851	10.942.540
16 Combinación de operaciones de selección de MP y descarga del sistema		6.476.220	6.932.146	7.420.169	7.942.549	8.501.704
17 Combinación de operaciones de engavetado e ingreso de datos al DMS		1.043.391	1.116.846	1.195.472	1.279.633	1.369.719
18 Reducción de devoluciones por confusión de trabajos debida al orden al interior de las operaciones		1.659.000	1.775.794	1.900.809	2.034.626	2.177.864
19 Reducción de costos por modelo de inventarios (min 100millones, max 500millones)		-	-	-	-	-
20 Reducción de costos por eliminación de retrabajos en innovations		109.564	117.277	125.534	134.371	143.831
Ingresos						
21 Trabajos adicionales anuales por mejoramiento en balanceo de líneas y reducción de transportes(entre 0 y 18270, teniendo 290 días al año)		15.439				
22 Utilidades por trabajos adicionales que podrían hacerse de acuerdo al balanceo de líneas propuesto		64.535.020	69.078.285	73.941.397	79.146.871	84.718.811
TOTAL INGRESOS ANUALES		82.158.735	87.942.710	94.133.877	100.760.902	107.854.469
VALOR FLUJO (INGRESOS - EGRESOS)	-195.560.353	57.267.288	62.290.989	67.668.358	73.424.294	74.655.447
PERIODO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN (20% e.a.), EN AÑOS	5,0000					
Relacion costo beneficio	1,0000					

7.3 ANÁLISIS

Como puede observarse, aún el peor escenario (Pesimista), muestra viabilidad de implantación de las propuestas aquí citadas, lo cual garantiza ampliamente, la utilidad de llevarlas a cabo (inclusive con una TREMA considerable). Cabe decir también que aún si no se implementaran los modelos de inventario (que, como puede verse, es la variable cuyas variaciones afectan más la relación costo/beneficio), puede llegarse al punto de equilibrio, garantizando la consecución de los trabajos adicionales calculados, que aún con todo, no igualan ni superan la capacidad instalada disponible.

8. CONCLUSIONES

- Todos los procesos en las empresas, por excelentes que parezcan, son susceptibles de ser mejorados. Las empresas deben hacer siempre un seguimiento continuo a sus procesos, siendo críticos y analizando cada paso, con el fin de encontrar mejores soluciones a toda oportunidad de mejora que se vea, siempre teniendo en mente su norte.
- Los procesos productivos de Servióptica, permiten y requieren la aplicación permanente de procesos y técnicas de mejoramiento, que les permitan ajustar su funcionamiento a los objetivos o estándares requeridos.
- Aunque lo ideal para el flujo de los procesos, es la linealidad total, y por tanto un espacio que permita dicha distribución, las soluciones para la distribución del proceso de producción en las plantas, deben acomodarse a las restricciones y situaciones reales de las empresas, tratando de buscar con los recursos límites de los que se dispone y las restricciones de construcción, la mejor distribución que permita un adecuado flujo del proceso con la menor cantidad de costos ocultos posibles.
- En la mayoría de los casos es posible lograr un alto aprovechamiento de línea en los procesos de producción, pero en algunos casos, como este, las restricciones en cuanto a costos por contratación de nuevo personal, adquisición de más máquinas y ampliación de la planta como consecuencia de ello, son parte de las restricciones, que hacen que se deba buscar el mejor aprovechamiento de línea posible con los recursos disponibles.
- Aunque aparentemente con las restricciones para obtener recursos, no se pueda tener un alto aprovechamiento de línea, éste si se puede conseguir, haciendo que el personal de las operaciones más ociosas según el balanceo definido, ayuden en las operaciones con mayor carga, haciendo que haya un alto uso de los recursos y minimizando costos por tiempo ocioso y también por horas extras.
- No necesariamente la Jerarquía de la planeación de la Producción y las Operaciones se puede hacer de la misma manera como se encuentra planeada en la teoría. Algunos pasos deben omitirse o plantearse de otra manera diferente que se ajuste a la

naturaleza de la empresa. Para ello siempre las organizaciones deben tener claridad acerca de su funcionamiento interno, para planear adecuadamente sus procesos ajustándose a sus necesidades y las de su mercado.

- Planear la producción es de gran importancia, pues ello se traducirá en mejor servicio al cliente y mejor reacción a los cambios en el comportamiento del mercado, logrando las empresas ser más competitivas, a la vez que pueden reducir costos.
- Para que las empresas retengan sus clientes, es fundamental que cumplan con los compromisos no solo de calidad del producto, sino de oportunidad y cumplimiento en la entrega. Por ello, es importante para Servióptica conocer a través del proceso de Planeación de la Producción y las Operaciones, en qué momento realmente se puede comprometer la empresa a entregar un pedido solicitado, de tal manera que se pueda retener a los clientes, y no perder mercado por incumplir o no saber los tiempos en que se pueden entregar los pedidos.
- Las teorías desarrolladas en materia de inventarios son numerosas, pero hay que saber donde se aplican y tener en cuenta en todo momento sus restricciones, pues ellas están diseñadas en situaciones ideales, pero su aplicación ha de hacerse en la vida real, en la que hay que estar en una revisión continua que permita cada vez más ajustar los modelos a las características propias de cada empresa optimizando más su administración.
- Es muy deseable, y necesario, que los procesos de manejo del inventario en las empresas, sean en lo posible, definidos y mantenidos con cierto rigor, aún desde las etapas más incipientes de la misma.
- Los beneficios que trae el mejoramiento de los procesos en las empresas, no se ven sola ni necesariamente reflejados cuantitativamente, sino que en algunos casos con mayor fuerza se resaltan los beneficios cualitativos, que son de gran importancia, pues con la reducción de costos no necesariamente hay mejora en los procesos, y el hecho de que al existir mejora en los procesos se aumentasen los costos no implica que después no se van a recibir mayores beneficios.
- Las mejoras previstas sobre los métodos de trabajo, que tuvieron en cuenta la ruta más larga del proceso de producción, por ende, mejoran el desempeño de todas las demás rutas; tanto las que son subconjuntos de ésta, como aquellas que incluyen operaciones que no están comprendidas dentro de la ruta más larga.

9. RECOMENDACIONES

- Con esta propuesta, Servióptica va a obtener en el eslabón Productivo, una mejora sustancial, que le permitirá consolidarse aun más como una de las mejores ópticas del país por su nivel de servicio. Sin embargo, debe concentrar ahora sus esfuerzos hacia la parte humana en cuanto al liderazgo. Las herramientas, y los recursos son excelentes y están ahí disponibles en todo su proceso, pero por excelentes que sean, si no existe un buen liderazgo, una buena cabeza que dirija sus operaciones, la empresa estaría subutilizando ese gran potencial que posee.
- Analizar qué elementos de la filosofía de Lean Manufacturing, pueden ser aplicados al proceso productivo, adaptándolo a las necesidades y estructura de la empresa, como parte del mejoramiento continuo que propone el sistema de gestión de calidad, y un perfeccionamiento de las propuestas técnicas aquí establecidas.
- Aplicar los modelos de inventarios propuestos al resto de lentes (otros proveedores), con el fin de elegir el modelo a implementar, y posteriormente extender el modelo a los insumos para terminar de completar un manejo más estructurado y adecuado de los inventario de la empresa, siempre con miras a un alto nivel de servicio a los más bajos costos.
- El modelo de inventarios que se elija debe operarse por un período de tiempo suficiente (darle un tiempo de espera) para que genere resultados indicativos y sostenidos de los costos de funcionamiento, antes de modificarlo, o proponer modelos diferentes.
- La empresa debe permanecer con un análisis continuo de la demanda tanto de servicios como de lentes (terminados y semiterminados), por medio de las estadísticas. Esto le permitirá perfeccionar cada vez más los procedimientos para la planeación de la producción y para el manejo de inventarios, ajustándose cada vez más fielmente al comportamiento del mercado, manteniendo su nivel de servicio y minimizando los costos para mantener su posición en el mercado y consolidarla aun más.
- Se recomienda explorar otras alternativas de pronóstico para materias primas e insumos, con el fin de ajustar éstos mejor al comportamiento real del mercado.

BIBLIOGRAFÍA

EVERETT, Adam. Administración de la producción y las operaciones. Conceptos, modelos y funcionamiento. Cuarta Edición. Prentice Hall hispanoamericana S.A. 1991.

NIEBEL, Benjamín. Ingeniería industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo. Décima edición. Editorial Alfaomega. 2001

NOORI, Hamid; y RUSSELL, Radford. Administración de operaciones y producción: Calidad total y respuesta sensible rápida. Primera edición. Mc Graw Hill. 1997

NORMAN, Gaither; y FRAZIER, Greg. Administración de producción y operaciones. Cuarta edición. Thompson editores. 1999.

OIT (Oficina internacional del Trabajo). Introducción al Estudio del Trabajo. Cuarta edición revisada. Editorial Limusa, México, 1998.

PLOSSL, George W. Control de la Producción y de Inventarios. Principio y Técnicas. Segunda Edición. Prentice Hall. México. 1987.

RUSSELL, Roberta y TAYLOR, Bernard. Operations Managemet. Editorial Prentice Hall USA, 2000.

SILVER, Eduard; PYKE, David; y PETERSON, Rein. Inventory management and Production Planning and Scheduling. USA, Ed. John Wiley & Sons. 1998.

WHITTEN, Jeffrey L. Análisis y diseño de sistemas de información. Edición: 3a. ed. Editorial Burr Ridge : Irwin, 1996.