



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE LA
PRODUCCIÓN EN UNA EMPRESA QUE SE DEDICA A LA
FABRICACIÓN DE LENTES**

ELMER ALEXANDER CAYAX MEJÍA

Asesorado por : Ing. José Vicente Guzmán Shaul

GUATEMALA, MARZO DE 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE LA
PRODUCCIÓN EN UNA EMPRESA QUE SE DEDICA A LA
FABRICACIÓN DE LENTES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ELMER ALEXANDER CAYAX MEJÍA
ASESORADO POR: ING. JOSÉ VICENTE GUZMÁN SHAUL
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, MARZO DE 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Alvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Edwin Danilo González Trejo
EXAMINADOR	Ing. José Vicente Guzmán Shaúl
EXAMINADOR	Ing. Carlos Rene Berges Cario
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE LA PRODUCCIÓN EN UNA EMPRESA QUE SE DEDICA A LA FABRICACIÓN DE LENTES

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Mecánica Industrial con fecha octubre del 2003.

Elmer Alexander Cayax Mejía

Guatemala, mayo de 2,004.

Ingeniera
Marcia I. Veliz Vargas
DIRECTORA
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señora Directora:

Atentamente me dirijo a usted, para someter a su consideración el trabajo de graduación del estudiante Elmer Alexander Cayax Mejía, con carné 96-30300, previo a obtener el título de Ingeniero Industrial.

El trabajo en mención se titula: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE LA PRODUCCIÓN EN UNA EMPRESA QUE SE DEDICA A LA FABRICACIÓN DE LENTES.

El cual he asesorado y revisado por tanto considerando que llena satisfactoriamente los requisitos recomendando su aprobación.

Agradeciendo su atención a la presente y sin otro particular me suscribo.

Atto.

José Vicente Guzmán Shaul
Ingeniero Industrial
Colg. 2785
ASESOR.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
OBJETIVOS	XIII
INTRODUCCIÓN	XV

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1 Descripción de la empresa	1
1.2 Características de los laboratorios ópticos	3
1.3 Principio fundamental de la óptica	5
1.3.1 Qué es un prisma?	6
1.3.2 Qué son los lentes?	6
1.4 Clases de lentes que existen	7
1.4.1 Tipos de lentes	10
1.4.1.1 Elementos de un lente	15
1.4.1.2 Índice de refracción de un lente	17
1.4.2 Características de las bases	20
1.5 Descripción de la maquinaria	20
1.6 Descripción de la mano de obra	23
1.7 Tipo de producción	24

2. EL PROCESO ACTUAL DE PRODUCCIÓN

2.1	Planeación de operaciones	25
2.1.1	Diagrama de operaciones	25
2.1.2	Diagrama del flujo de proceso	29
2.1.3	Distribución de la planta	34
2.2	Cálculo de tiempos	36
2.2.1	Tiempo normal	36
2.2.2	Tiempo mínimo	38
2.2.3	Tiempo estándar	40
2.3	Balance de líneas	43
2.3.1	Eficiencia	44
2.3.2	Productividad	45
2.3.3	Balance de líneas actual	46
2.4	Ritmo de producción	47
2.5	Manejo de materiales	48

3. DESARROLLO DE PRONOSTICOS (PROPUESTA)

3.1	Determinación del modelo de la demanda	49
3.1.1	Volumen de producción	52
3.1.2	Tendencia de la demanda	53
3.2	Pronósticos	58
3.2.1	Métodos para realizar los pronósticos	58
3.2.1.1	Familias estables	59
3.2.1.2	Familias ascendentes o descendentes	64
3.2.1.3	Familias de curvas cíclicas	67
3.2.1.4	Familias de curvas combinadas	69

3.2.2 Selección del mejor método	72
3.2.3 Elaboración del pronóstico de producción	74

4. IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE PRODUCCIÓN

4.1 Producción intermitente	77
4.2 Planificación	77
4.2.1 Elaboración del plan de producción	80
4.2.1.1 Tiempo requerido de producción	81
4.2.1.2 Tiempo disponible de producción	82
4.2.2 El plan de producción	84
4.2.2.1 Diagrama de Gantt	84
4.3 Programación de producción	85
4.3.1 Calendario de producción	85
4.3.2 Materiales requeridos	86
4.3.3 Mano de obra requerida	87

5. SEGUIMIENTO PARA UNA MEJORA CONTINUA

5.1 Puntos críticos de control	89
5.1.1 Evaluación de pedidos	91
5.1.2 Predicción del consumo	93
5.1.2.1 Reportes de producción	97
5.1.2.2 Registro de materiales utilizados	100
5.2 Elementos necesarios para el control	102
5.2.1 Áreas de trabajo	102
5.2.2 Capacitación de la mano de obra	103

5.2.3 Insumos	104
5.3 Ajustes que fueran necesarios aplicar	106
CONCLUSIONES	109
RECOMENDACIONES	111
BIBLIOGRAFÍA	113
ANEXOS	114

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

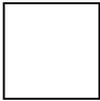
FIGURAS

1	Gráfica de lentes	7
2	Tipos de lentes convergentes	11
3	Lentes convergentes	12
4	Lentes divergentes	13
5	Tipos de lentes divergentes	14
6	Elementos de una lente	16
7	Espesor de lentes de alto índice	18
8	Índice de refracción	19
9	Diagrama de operaciones	27
10	Diagrama de flujo de operaciones	31
11	Diagrama de distribución de óptica	35
12	Gráfica de ventas anuales	51
13	Gráfica de ventas mensuales	54
14	Tendencia de las ventas mensuales	57
15	Formato de reporte de producción	99
16	Orden de trabajo	100
17	Consumo de materiales	101
18	Generador manual	115
19	Generador computarizado	115
20	Biseladora automática	116
21	Rectificadora de moldes	116
22	Unidad de endurecimiento superficial	117
23	Biseladora con patrón	117
24	Pulidora o cilíndrica	118
25	Instrumento de diagnóstico	118
26	Equipo auxiliar de corte y montaje	119

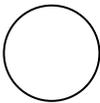
TABLAS

I	Ventajas del uso de lentes de policarbonato	10
II	Tiempo normal del proceso	36
III	Sistema Westinghouse	38
IV	Tiempo mínimo de proceso	39
V	Tolerancias	41
VI	Tiempo estándar del proceso	41
VII	Balance de Líneas del proceso	47
VIII	Período de ventas 2000-2003	51
IX	Porcentajes de aumento	52
X	Producción mensual de unidades estándar	53
XI	Resultado de las familias estables	63
XII	Resultado de las familias ascendentes	66
XIII	Método cíclico	69
XIV	Datos transformados	71
XV	Selección de familias estables	72
XVI	Selección de familias ascendentes-descendientes	73
XVII	Selección de la mejor familia	73
XVIII	Pronóstico de producción para año 2004	76
XIX	Pronóstico de producción por unidad estándar	80
XX	Horas requeridas de producción	82
XXI	Tiempo disponible en días y horas	83
XXII	Tiempos disponibles requeridos	84
XXIII	Materia prima requerida	87

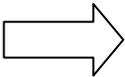
LISTA DE SÍMBOLOS



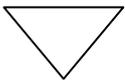
Inspección : símbolo utilizado cuando ocurre o se somete una parte a algún tipo de prueba para determinar su conformidad con requerimiento o parámetro o bien una norma o estándar.



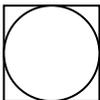
Operación : es el cambio intencional en una pieza que se trabaja para darle las características deseadas de tamaño, forma y otros detalles.



Transporte : distancia que recorre el producto hacia otra estación de trabajo o almacenamiento.



Almacenamiento : es la conservación temporal en un lugar adecuado, de la materia prima antes o después de ser procesada, o de cualquier otro material.



Combinada : se da por entendido de una doble operación realizada en una misma inspección de trabajo, es decir, se trabaja la pieza y se revisa para saber si cumple o no con algunas especificaciones.

GLOSARIO

<i>Control de la Producción</i>	Dirección, control y evaluación sistemática de todos los procesos para la transformación de insumos en bienes terminados o servicios.
<i>Velocidad de la Luz</i>	La velocidad de la luz en el vacío es la mayor velocidad posible que se puede alcanzar en el Universo, se denota con la letra c y equivale numéricamente a 300,000 Km/h.
<i>Ley de reflexión</i>	La primer ley dice que el rayo incidente, la normal y el rayo reflejado se encuentran en un mismo plano, la segunda enuncia que el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.
<i>Refracción de la Luz</i>	Es el cambio de dirección que puede sufrir un haz de la luz al cambiar de medio.
<i>Control</i>	Mecanismos usados para garantizar que conductas y desempeño cumplan con las reglas y los procedimientos de una organización.
<i>Seguridad</i>	Las pruebas de resistencia a impactos, han mostrado que el policarbonato posee una resistencia a impactos hasta siete veces mas fuerte que el plástico convencional. Es importante mencionar esta característica a aquellos pacientes que realicen muchas actividades físicas.

Diagrama de flujo de proceso	Contiene, en general, los detalles más importantes de un proceso con un enfoque que va de lo general de aquel a detalles de operaciones más particulares como: distancias recorridas, retrasos y almacenamientos temporales.
Lentes	Los lentes son elementos ópticos con los cuales estamos familiarizados, pues una lupa contiene una lente, los anteojos contienen dos lentes, pero técnicamente son cuerpos transparentes cuyas caras generalmente tienen dos perfiles esféricos, o uno y uno plano.
Planeación	Asignación de recursos (personas, dinero, equipo e instalaciones), para lograr las diversas metas, estrategias y procedimientos.
Pronóstico	Predicción, proyección o estimación de hechos o condiciones futuros en el entorno de una organización.
Materia prima	Materiales no elaborados empleados por la industria para su conversión en artículos de consumo.
Productividad	Incremento simultáneo de la producción y del rendimiento debido a la modernización del material y a la mejora de los métodos de trabajo.
Polycarbonato	Material relativamente antiguo descubierto a mediados de los años cincuenta, es un derivado de la resina.

Índice refracción El índice de refracción de un material para lentes, su capacidad de refractar la luz, juega un papel crítico en la creación de la potencia y del grosor del lente. En el caso de cualquier diseño de lente, cuanto más alto sea el índice, más planas serán las curvas anterior y posterior de las superficies del lente para una potencia óptica dada..

RESUMEN

El presente trabajo de graduación titulado Implementación de un sistema de Control de la Producción en una empresa que se dedica a la fabricación de lentes, contempla como objetivo primordial el implantar y hacer óptimo un sistema para el control en los procesos de producción.

Actualmente en la Industria Óptica, se tiene el problema de no utilizar un plan de producción debidamente estudiado, lo que lleva a tener deficiencias dentro de los procesos.

Este sistema se debe adaptar de tal forma que se optimicen al máximo los procesos de producción, mejorando los tiempos en las entregas de los productos, conservando los parámetros de calidad, precio y los niveles de inventario acorde a los planes de la empresa.

Para hacer realidad el sistema es necesario tener un conocimiento de la situación actual de la empresa, haciendo énfasis en las características que presenta este tipo de industria, conociendo la maquinaria que se utiliza. Es importante también conocer los procesos actuales de producción, los diagramas de operaciones y además se debe analizar la demanda con base en las diferentes familias de curvas que existen.

Para lograr la efectiva implementación del sistema es necesario que se conozcan y se grafiquen los datos que se obtuvieron del análisis de los pronósticos y se pueda ir haciendo un calendario para la programación de la producción.

El seguimiento es necesario, ya que permite determinar por medio de datos comparativos si el sistema cumple con los requerimientos establecidos o es necesario efectuarle ajustes que le permitan funcionar de manera eficaz.

DEDICATORIA

A:

- **DIOS**

Por darme la fortaleza y sabiduría para culminar mis estudios.

- **MIS PADRES**

Mauricio Abdulio y Victoria del Carmen. Por su apoyo incondicional en todo momento para lograr este éxito.

- **MI ESPOSA**

Lizbeth. Por su apoyo y paciencia.

- **MIS HIJOS**

Miguel Alejandro y Diego Roberto. Que este triunfo sea un ejemplo a seguir.

- **MIS HERMANOS**

Rucsel Obdulio y Dorys Ivoneth. Con todo cariño.

- **MIS AMIGOS**

Para todos, con cariño especial.

OBJETIVOS

General

Implementar un sistema para el control de la producción en el laboratorio óptico que funcione con base en procedimientos técnicos que permitan un aumento en la eficiencia y en la utilización de los procesos.

Específicos

1. Dar a conocer la importancia de un sistema técnico en el control de la producción.
2. Evaluar las condiciones iniciales de la planta y buscar una solución óptima al problema.
3. Analizar la situación productiva de los laboratorios ópticos nacionales.
4. Elaborar un modelo de planificación para determinar el tipo de producción que la empresa debe emplear.
5. Demostrar que la forma de realizar las actividades productivas es por medio de la planificación de la misma.
6. Elaborar programas de las actividades de producción de acuerdo con la capacidad instalada y el tiempo disponible para poder satisfacer la demanda del mercado.

7. Conocer los tiempos reales de producción mediante un estudio de tiempos y establecer una fecha de entrega para los pedidos.

INTRODUCCIÓN

En la Industria óptica nacional, se vive una constante lucha por llegar a cubrir la mayor parte del mercado, enfocándose únicamente en los tiempos de entrega, los que en su momento no llenan la expectativa de los clientes; esto se debe en gran parte a la forma de operar los procesos dentro del área de producción olvidándose por completo de la calidad y la exactitud de los trabajos, lo que trae como consecuencia una posible demanda insatisfecha.

Se trabaja con base en sistemas de producción completamente empíricos, que inciden en un mal manejo de recursos materiales así como recurso humano con el que se cuenta.

Es importante crear un sistema técnico para el control de la producción, que sirva de guía a la empresa para determinar con certeza la capacidad de producción que se tiene instalada, realizando un estudio detallado de cada estación de trabajo y de la secuencia de cada actividad que se realiza empleando para ello un balance de líneas en donde se analizan también los tiempos de cada operación para determinar un tiempo estándar; se propone desarrollar pronósticos de ventas evaluando datos de períodos anteriores para luego finalizar con la implementación del plan de producción y el seguimiento para una mejora continúa.

La elaboración del presente trabajo de graduación es una herramienta que debe ser utilizada para solucionar problemas en los procesos productivos que actualmente presenta la industria óptica nacional.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Descripción de la empresa

Una empresa óptica tiene como objetivo primordial surtir al mercado de óptica nacional o internacional, materias primas de alta calidad para la elaboración de lentes semiterminados bifocales de vidrio. Con la distribución de estas materias primas y con el afán de prestar a la clientela un servicio cada vez mejor, debe posicionarse como una empresa responsable y confiable que traslade a su clientela productos de alta calidad a un precio razonable y justo. Es por ello que se debe ver la necesidad de ampliar las actividades de la línea de distribución y a partir de allí, adquirir y adicionar un stock de bases semi-terminadas y lentes terminados en vidrio, lo cual debe ser bien aceptado por toda la clientela, haciendo cada vez una empresa más sólida.

Posteriormente se debe adquirir, para la distribución, lentes terminados y bases semi-terminadas en material plástico, teniendo en el stock los materiales que tienen mayor demanda en el mercado nacional y buscando siempre ser una empresa líder en cuanto al servicio de la clientela; debe surgir la idea de prestar el servicio de tallado de materias primas, lo cual se logrará con gran éxito, derivado de que con ello contará con la alternativa de tener una empresa responsable que les brindará el servicio de venta y tallado de las diversas materias primas a precios muy competitivos; luego se adquiere maquinaria para prestar el servicio de tallado de materias primas.

Al adquirir nueva maquinaria, la empresa deberá obtener experiencia en el ramo, por el correr de los años y tratando de estar a la vanguardia de la tecnología debe mantenerse en constante comunicación con los proveedores a

manera de informarse sobre los adelantos que la tecnología ofrecerá al mercado mundial de la óptica.

Una novedosa adquisición del año 2001 fue cuando se trajeron al mercado lentes terminados en material policarbonato que brindaría mayores ventajas a los clientes en comparación al plástico utilizado normalmente; posteriormente se adicionaron las bases semi-terminadas de policarbonato por lo cual se tenía que adquirir maquinaria altamente sofisticada para tallar las bases semi-terminadas de policarbonato, así como también máquinas de alto rendimiento tecnológico para prestar el servicio de montaje en una forma más rápida y con óptima calidad.

Con el afán de mejorar la calidad del servicio, se deberá hacer contacto con los proveedores solicitándoles productos con la tecnología Transition por lo que se ofrecerá las líneas más modernas que Transitions ofrece, tanto para el mercado mundial como para el nacional.

La empresa deberá contar con una administración moderna, por lo que dentro de su planeación estratégica tendrá definidas sus directrices organizacionales y entre ellas está la misión y visión que como ejemplo general son las siguientes;

MISIÓN:

“ Brindar a todo el mercado de óptica un servicio, profesionalizado en cuanto a la calidad de materias primas, así como el proceso del tallado de las mismas, contando siempre con el apoyo de la clientela, quien es la que demandará cada día un mejor servicio. Esto tendrá como

denominador común el beneficio a todas las personas involucradas en el mercado.”

VISIÓN:

“Ser una empresa líder en el mercado nacional de óptica a un tiempo prudencialmente corto, lo cual se alcanzará teniendo la excelencia en todos los aspectos que involucran un buen servicio al cliente; para ello se invertirá en equipo altamente sofisticado adquiriendo materiales de alta calidad con la tecnología más moderna a nivel mundial.”

1.2. Características de los laboratorios ópticos

Dentro del laboratorio óptico, se cuenta con máquinas que trabajan materiales en vidrio, y por aparte, se tiene maquinaria para materias primas de material plástico y policarbonato, en donde se utiliza equipo para aplicación de la capa RLX (Reflection Free es el revestimiento anti-reflejo más avanzado disponible hoy en día. Los lentes normales reflejan hasta 8% de la luz, lo cual ocasiona reflejos molestos y poco atractivos que dificultan su visión.) y tratamiento UV (. “Como la exposición a la luz ultravioleta daña el ojo y es acumulativa durante la vida de una persona, se deben hacer todos los esfuerzos posibles para obtener lentes que ofrezcan una completa protección UV”, ultravioleta) para bases de policarbonato.

El laboratorio óptico cuenta con condiciones ideales de mantenimiento y ergonómicos debido a que el producto que se fabrica es para uso humano e incluso, más delicado para el ojo mismo.

El laboratorio óptico se caracteriza por la producción de lentes, pero para ello debe cumplir con las especificaciones de cada cliente; los clientes potenciales son las clínicas ópticas. La siguiente serie de generalizaciones que caracteriza un buen laboratorio óptico deben ser útiles para la dirección;

- La estructura organizacional debe reflejar una orientación hacia el servicio.
- Conocer las propiedades físicas de cada material que se maneja.
- Debe tener controles en la recepción de materia prima e insumos.
- Determinar la capacidad de producción instalada.
- Disponibilidad de trabajar tiempo extraordinario en producción.
- Conocer la cantidad de máquinas que disponen para producción.
- Tipo de producción que trabaja.
- Contar con un departamento de control de calidad.
- Qué planes de expansión o crecimiento en cuanto a instalaciones de equipo tiene y en qué plazo se haría.
- Contar con vehículo para la entrega de producto terminado
- Contar con un área de empaque y estar integrada con personal calificado
- Tener disponibilidad en cuanto a entregas inmediatas.

Se debe equilibrar y coordinar la carga de producción entre las diferentes líneas, para esto se debe diseñar un plan en el que la dirección debe centrar su atención, en primer lugar, en el servicio y en la calidad para el consumidor final.

1.3. Principio fundamental de la óptica

El desarrollo de la óptica ha ampliado nuestro entendimiento y nuestra concepción de la naturaleza; la luz ha dejado de ser un elemento misterioso para convertirse en un fenómeno cuyo origen puede ser explicado y cuyos efectos se pueden predecir.

El estudio de la óptica nos ha permitido explorar nuevos mundos, inaccesibles a simple vista como el mundo de lo muy pequeño o de lo muy alejado, mundos que representan facetas del complejo Universo en que vivimos. La óptica desde que se comenzó a estudiar, ha desempeñado un papel muy importante en el desarrollo del conocimiento científico y la tecnología.

Algunos de los principales avances de la física como la teoría de la relatividad y la teoría cuántica tienen un fundamento o comprobación en algún experimento óptico. Por otro lado, también, algunos de los grandes avances tecnológicos como la holografía (proyección tridimensional de la imagen), y la comunicación por medio de fibras ópticas tienen una base óptica.

La óptica es la rama de la física que centra su actividad en el estudio del rango del espectro electromagnético que abarca las longitudes de onda visibles para el ser humano. En forma más estricta, se define la óptica según la Optical Society of America como “el estudio de la luz, de la manera como es emitida,

de la forma en la que se propaga a través de los medios transparentes y de la forma en que es absorbida por otros cuerpos.”

La óptica al estudiar las fuentes de luz, considera los mecanismos atómicos que originan la luz, al estudiar su propagación, lógicamente estudia los fenómenos como la reflexión, refracción, la interferencia y la difracción. Finalmente, cuando la luz llega a su destino, por ejemplo, en la retina del ojo, en una película fotográfica, o cualquier otro detector luminoso, se produce ahí un efecto físico o químico.

1.3.1. ¿Qué es un prisma?

El prisma del vidrio dispersa la luz solar dando un espectro cuyos colores principales son; rojo anaranjado, amarillo, verde azul, añil y violeta. El cristal refracta de modo distinto los rayos de luz de diferentes longitudes de onda, el azul mas que el rojo, y la longitudes de onda corta, mas que las largas.

En las lentes de vidrio la luz se dispersa también en colores, la dispersión de colores puede hacerse desaparecer en los sistemas acromáticos de lentes compuestas, que constan de lentes cóncavas y convexas de distintos tipos de vidrio, colocadas alternativamente

1.3.2. ¿Qué son los lentes?

Los lentes son elementos ópticos con los cuales estamos familiarizados, pues una lupa contiene una lente, los anteojos contienen dos lentes, la cámara fotográfica también tiene un sistema de lentes, pero realmente que son los

lentes; las lentes son cuerpos transparentes (vidrio, plástico, mica, policarbonato, etc.) cuyas caras generalmente tiene dos perfiles esféricos, o uno esférico y uno plano.

A continuación se presenta un gráfico típico de lentes comunes y corrientes.

Figura 1 Gráfica de gafas



1.4. Clases de lentes que existen

Las diferentes clases de lentes que circulan en el mercado óptico se clasifican de diferente maneras, ya sea por su color, material, alcance, etc.,

pero para efectos de estudio solo veremos según el material que se utiliza en su fabricación; los materiales típicos son;

- Cristal
- Plástico
- Policarbonato

Por razones de adaptación al proyecto en desarrollo solo se verá la subclasificación de los lentes de policarbonato, ya que estos son los más innovadores en el mercado y de mayor consumo.

- POLICARBONATO; el policarbonato es un material relativamente antiguo, fue descubierto a mediados de los años cincuenta, pero su uso en la óptica oftálmica se ha incrementado fuertemente en los últimos tiempos debido a las extraordinarias ventajas que aportan a los usuarios. El policarbonato con revestimiento sobrepasa en gran medida la resistencia anti-rayal de cualquier otro plástico de grado óptico; ya que su revestimiento anti-rayas puede ser tintado, los lentes de policarbonato pueden en la actualidad ser tintados rápida e uniformemente, incluso a los tonos oscuros de los lentes de sol. Los revestimientos AR son fáciles de aplicar. Algunas de las ventajas del uso del policarbonato son:

- Alto índice de refracción
- Ligereza
- Seguridad
- Protección contra la radiación ultravioleta
- Visión superior

ALTO ÍNDICE DE REFRACCIÓN: es un lente de alto índice de refracción lo cual significa que los lentes de este material son más delgados, como podemos observar en la gráfica siguiente:

LIGEREZA: debido a su baja densidad, su peso también se ve reducido significativamente en comparación a los de otros materiales. Los lentes de policarbonato son hasta un 23% más livianos y un 17% más delgados que los lentes de plástico convencionales. Esto proporciona al paciente gran confort en combinación con un mayor atractivo estético.

SEGURIDAD: los lentes de policarbonato ofrecen una protección no superada contra impactos, lo que se traduce en una mayor seguridad. Las pruebas de resistencia a impactos han mostrado que el policarbonato posee una resistencia hasta siete veces más fuerte que el plástico convencional. Es importante mencionar esta característica a aquellos pacientes que realicen muchas actividades físicas.

PROTECCIÓN CONTRA LA RADIACIÓN ULTRA VIOLETA: corte total de la radiación ultra violeta UVA y UVB. El policarbonato bloquea más del 99.99 de las radiaciones UVA y UVB, las cuales han demostrado ser, según ciertos estudios, perjudiciales para la córnea y para el lente. La protección ultravioleta es un beneficio que interesa al consumidor.

VISIÓN SUPERIOR: su fabricación por el procedimiento de inyectado asegura una perfecta reproductibilidad de las curvas originales con las cuales fue diseñado el lente.

En resumen, los lentes de policarbonato debido al balance favorable entre sus ventajas y precio van ganando terreno rápidamente con la opción más popular de lentes de alto índice de refracción.

A continuación en la tabla No.I se presentan algunas otras ventajas del uso de lentes de policarbonato;

Tabla I Ventajas del uso de lentes de policarbonato

Características de este material	Motivos para escoger este material
<ul style="list-style-type: none"> • liviano • • delgado • • protección antirayas • • protección ultravioleta • • resistente a impactos • • alto índice 	<ul style="list-style-type: none"> • Para personas muy activas cuyos lentes deban ser resistentes para deportes o pasatiempos de gran intensidad física. • Ofrece la mayor protección contra impactos y radiacion ultravioleta • Ideal para monturas Nylor o con taladros

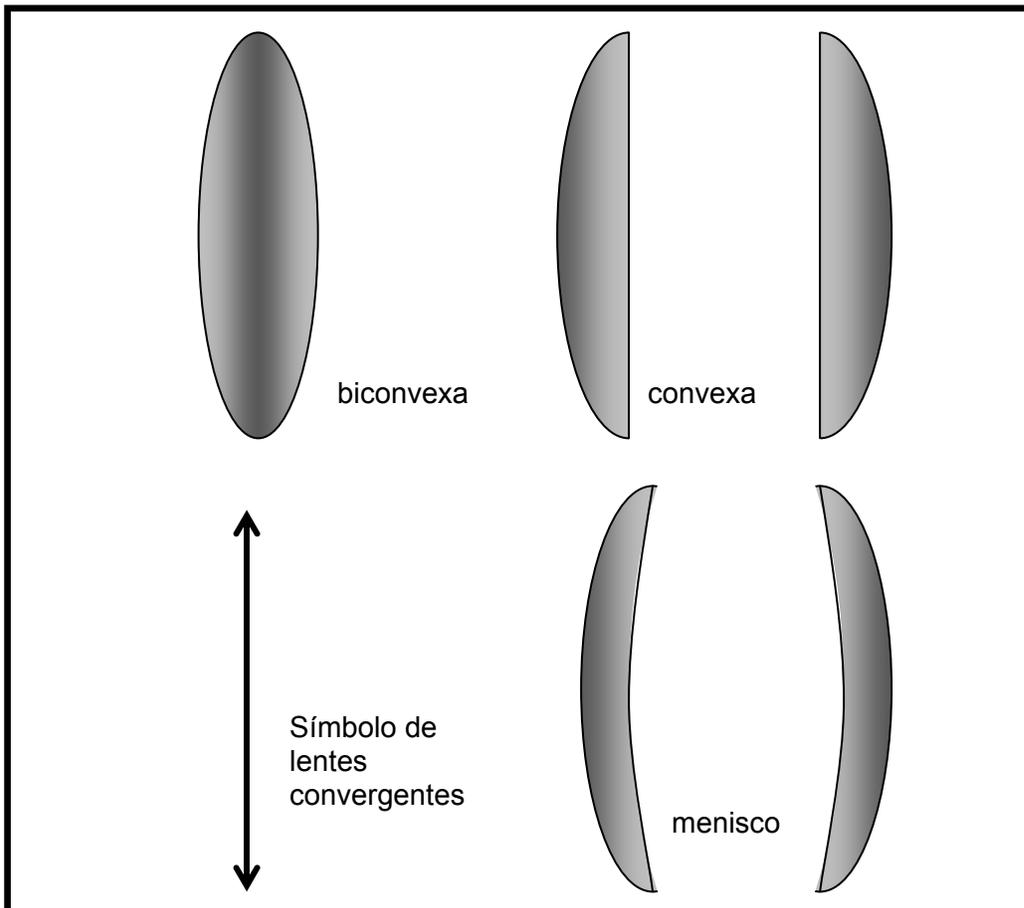
1.4.1 Tipos de lentes

Los lentes se clasifican por su tipo en convergentes y divergentes.

LENTES CONVERGENTES:

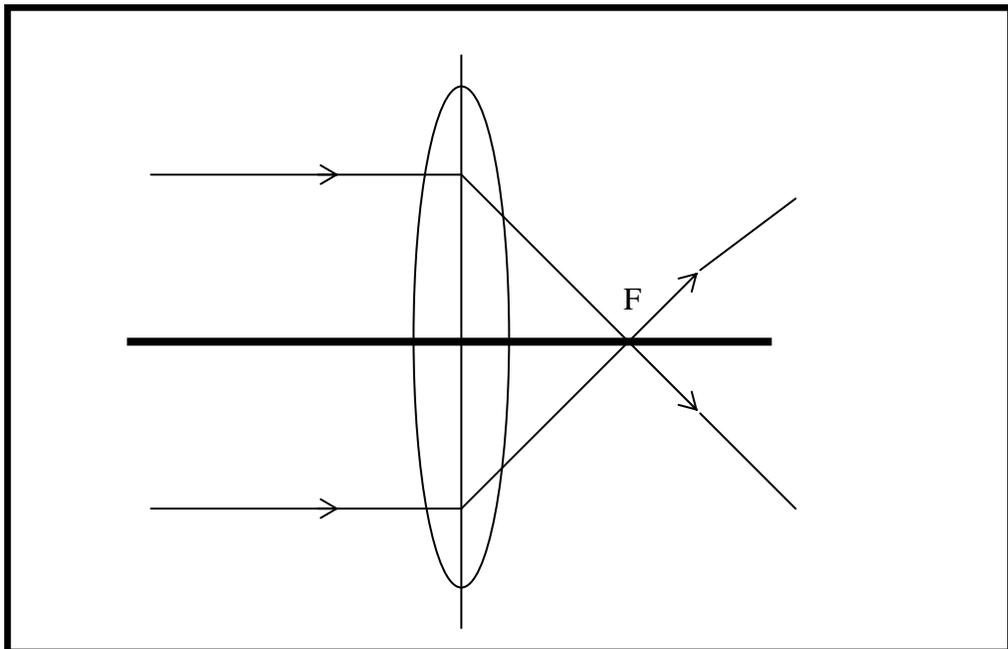
También llamados convexas, las lupas y los lentes que las personas mayores usan para leer, son ejemplos de este tipo de lentes. Las formas utilizadas de este tipo de lentes son la biconvexa (dos superficies convexas), la plano convexa y el menisco convergente.

Figura 2 Tipos de lentes convergentes



Las lentes convergentes son más gruesas en el centro que en los bordes, se les llama así porque los rayos incidentes de luz paralelos al eje principal de la lente salen con una dirección hacia su foco en donde convergen, como se muestra en la figura siguiente.

Figura 3 Lente convergente



LENTES DIVERGENTES:

Las lentes divergentes tienen más gruesos sus bordes que el centro; se les llama así porque los rayos incidentes de luz paralelos al eje óptico o principal de la lente salen separándose como si vinieran de un punto llamado foco.

Estas lentes hacen divergir a los rayos de luz, es decir los separa. Los lentes que usan las personas con problemas de miopía, para ver de lejos, son ejemplos de este tipo de lentes.

Las formas más utilizadas de este tipo de lentes son la bicóncava (dos superficies cóncavas), la plano cóncava y el menisco divergente.

Figura 4 Lente divergente

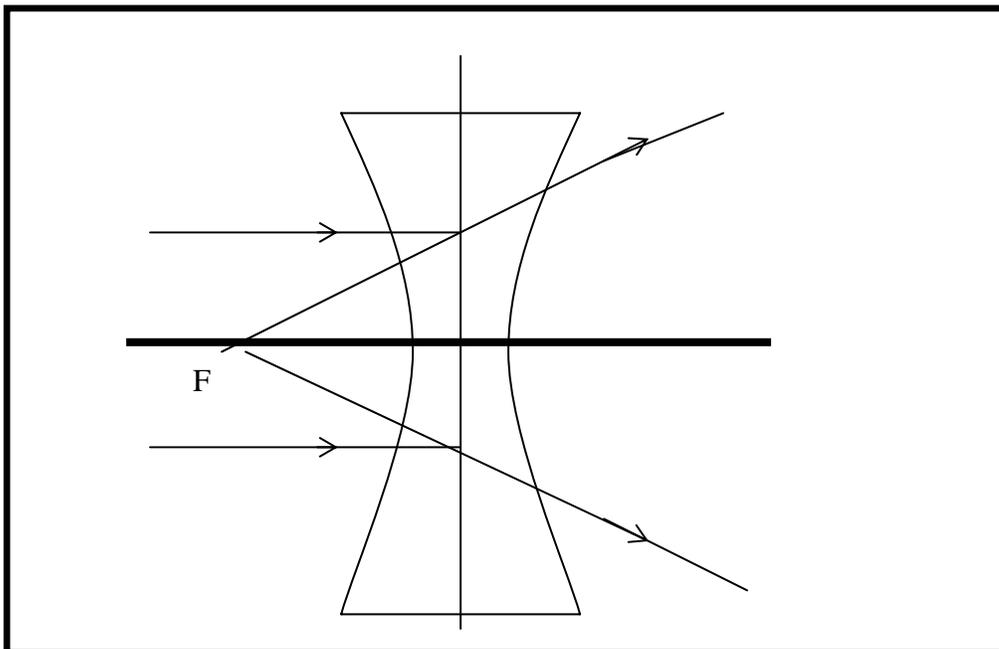
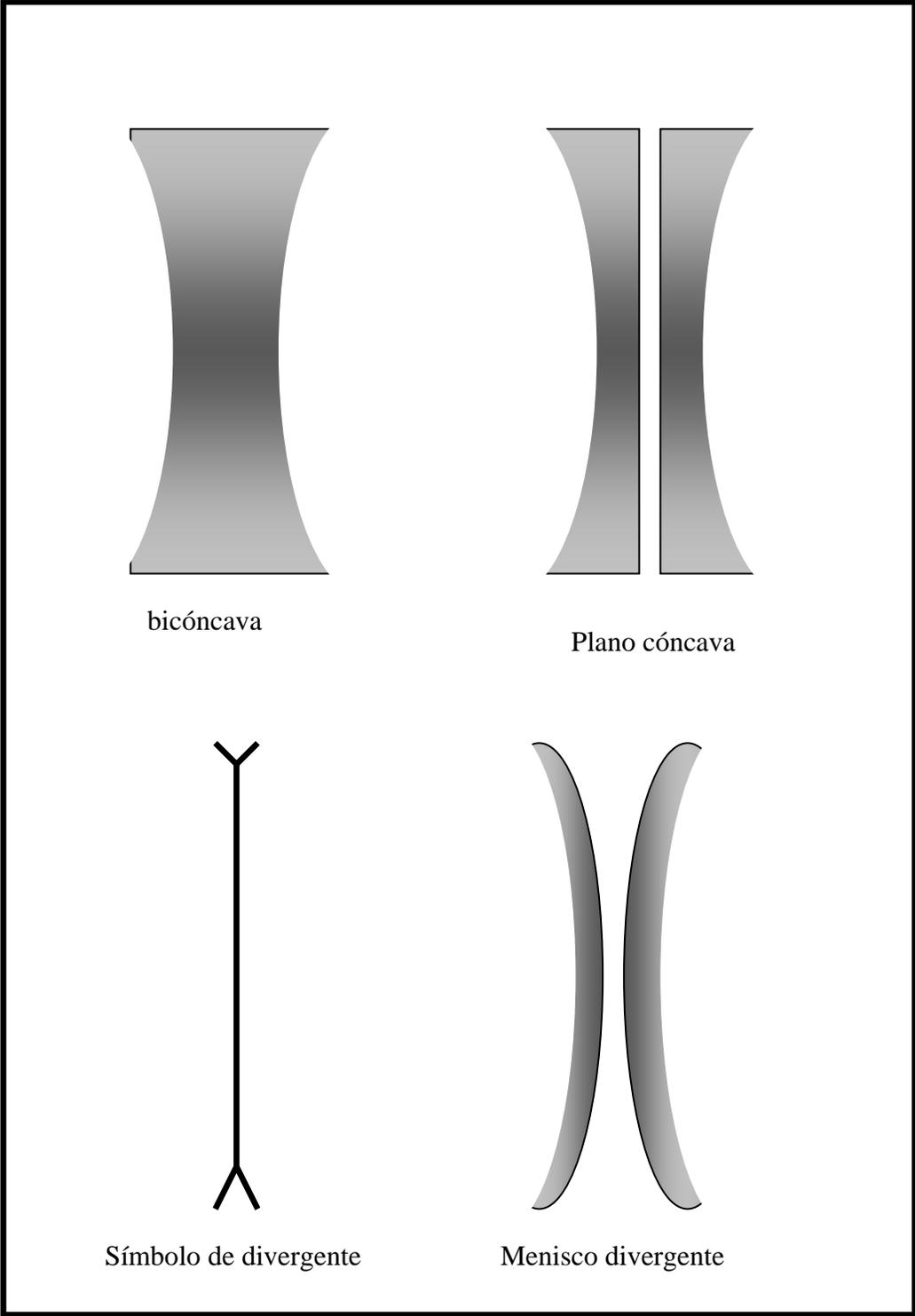


Figura 5 Tipos de lentes divergentes



1.4.1.1. Elementos de un lente

Los elementos de una lente son parecidos a los que utilizamos para los espejos esféricos, los cuales son;

- Centro óptico
- Eje principal
- Eje secundarios
- Foco
- Distancia focal

CENTRO ÓPTICO: en parte central del lente y se denomina con la letra "O".

EJE PRINCIPAL: es la línea que pasa por el centro óptico y por los centros de curvatura de ambas superficies (que son los centros de las esferas a las que pertenecerían las caras de la lente) y se denomina con las letras "Ep".

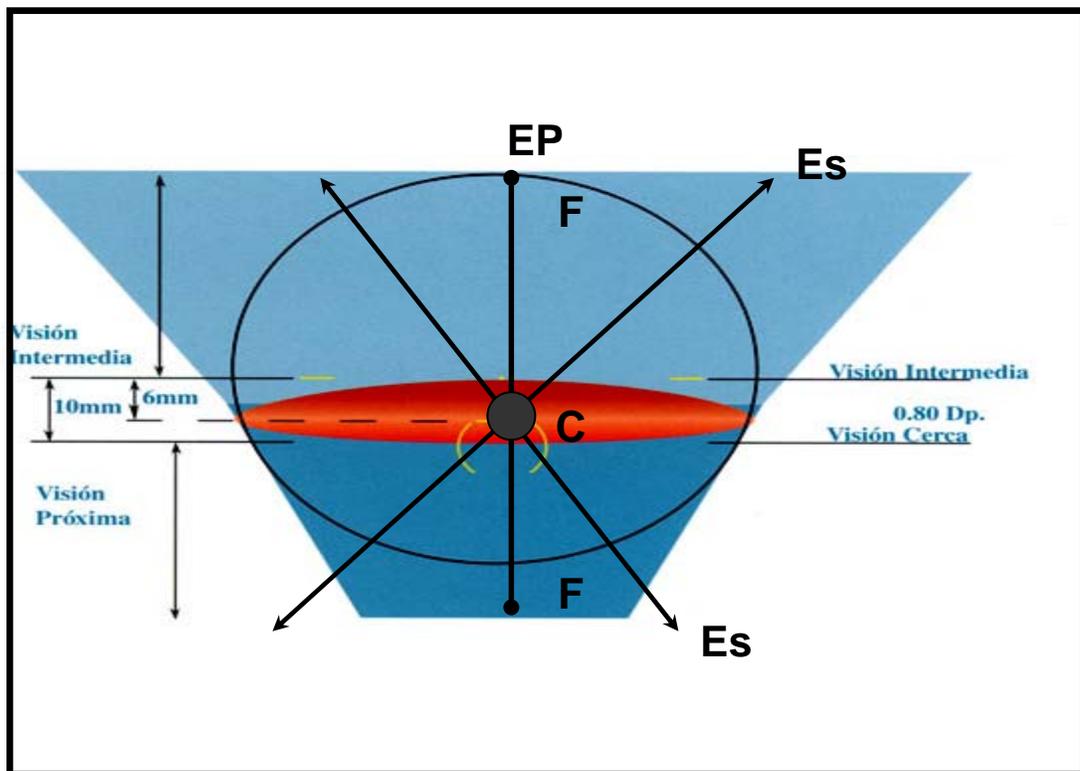
EJES SECUNDARIOS: son las rectas que pasan por el centro óptico y se denominan con las letras "Es".

FOCO: es el punto del eje principal por donde pasan, después de refractarse, los rayos incidentes, paralelos al eje principal, o sus prolongaciones. Una lente tiene dos focos, uno de cada lado; al foco se le denomina con la letra mayúscula "F".

DISTANCIA FOCAL: es la distancia entre el foco y el centro óptico.

A continuación se muestran gráficamente las partes del lente óptico;

Figura 6 Elementos de una lente



1.4.1.2. Índice de refracción de un lente

El índice de refracción de un lente sólo se consigue auténticamente delgados con auténticos materiales plásticos de alto índice, como lo es el policarbonato.

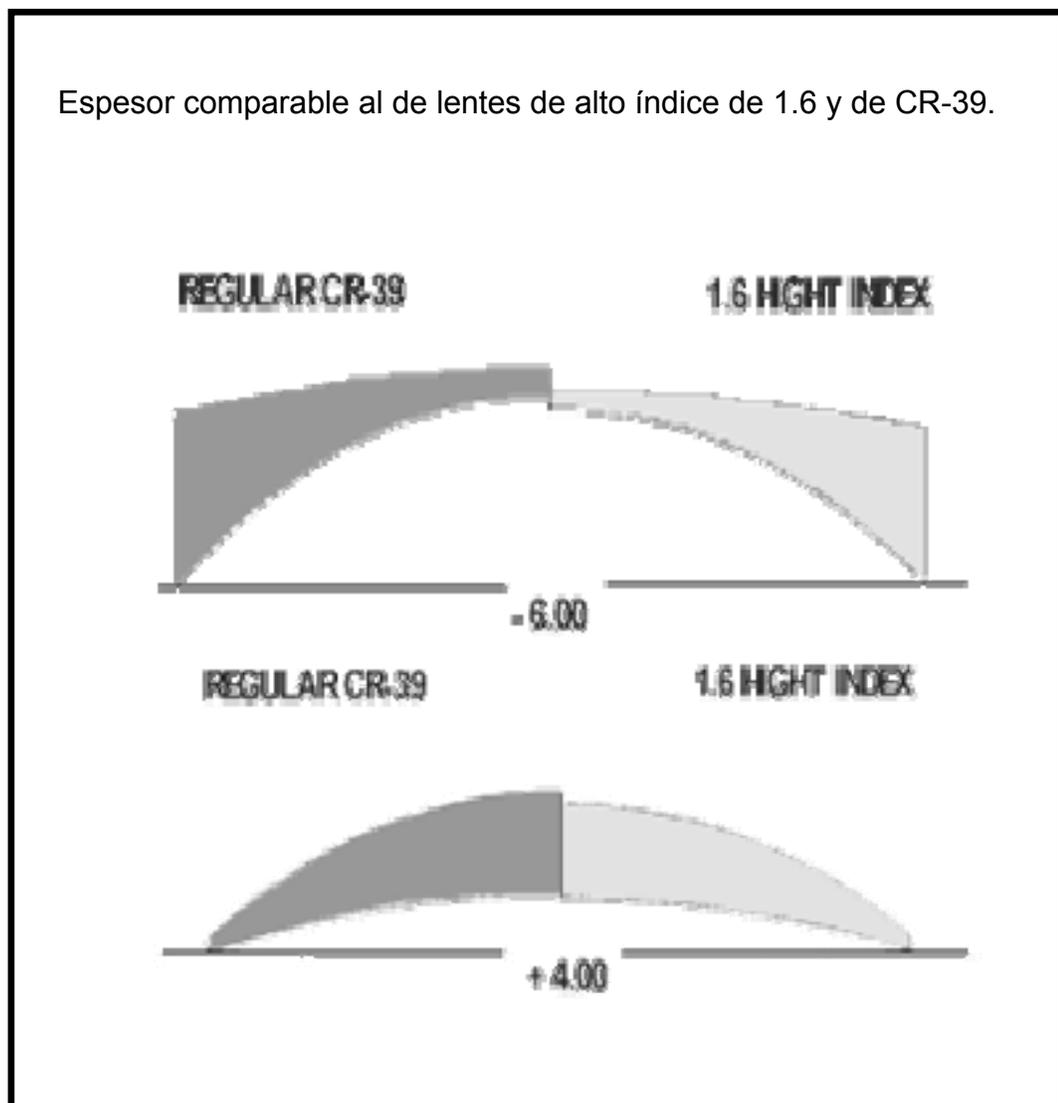
El índice de refracción de un material para lentes, su capacidad de refractar la luz, juegan un papel crítico en la creación de la potencia y del grosor del lente. En el caso de cualquier diseño de lente, cuanto más alto sea el índice, más planas serán las curvas anterior y posterior de las superficies del lente para una potencia óptica dada. Como resultado de estas curvas más planas, el grosor del lente se reduce automáticamente.

La siguiente ilustración muestra cómo la curvatura de las superficies anterior y posterior para lentes esféricos de -6.00 D y +4.00 D, utilizando un plástico de alto índice de 1.6, son claramente más planas que las curvaturas producidas con un índice CR-39 de 1.5. Es más, la naturaleza del plástico de alto índice permite tallar lentes de potencias negativas a un grosor central más delgado que con CR-39, mientras que se mantienen las propiedades de resistencia a impactos. Los materiales de alto índice pueden tallarse hasta un grosor central de 1.5mm en la gama negativa, y todavía atenerse a las exigencias de resistencia a impactos, en cambio el CR-39 generalmente se talla hasta 2.00mm en la gama negativa para atenerse a estas mismas exigencias.

Sólo se consiguen lentes auténticamente delgados con el plástico de alto índice de 1.6, Varilux Corporation, algunos otros fabricantes utilizan plástico de auténtico alto índice para reducir considerablemente el grosor del lente. Por ejemplo, el plástico de alto índice 1.6 utilizado en los lentes Varilux Comfort tiene un índice de refracción de 1.595. Un sencillo cálculo muestra que, en

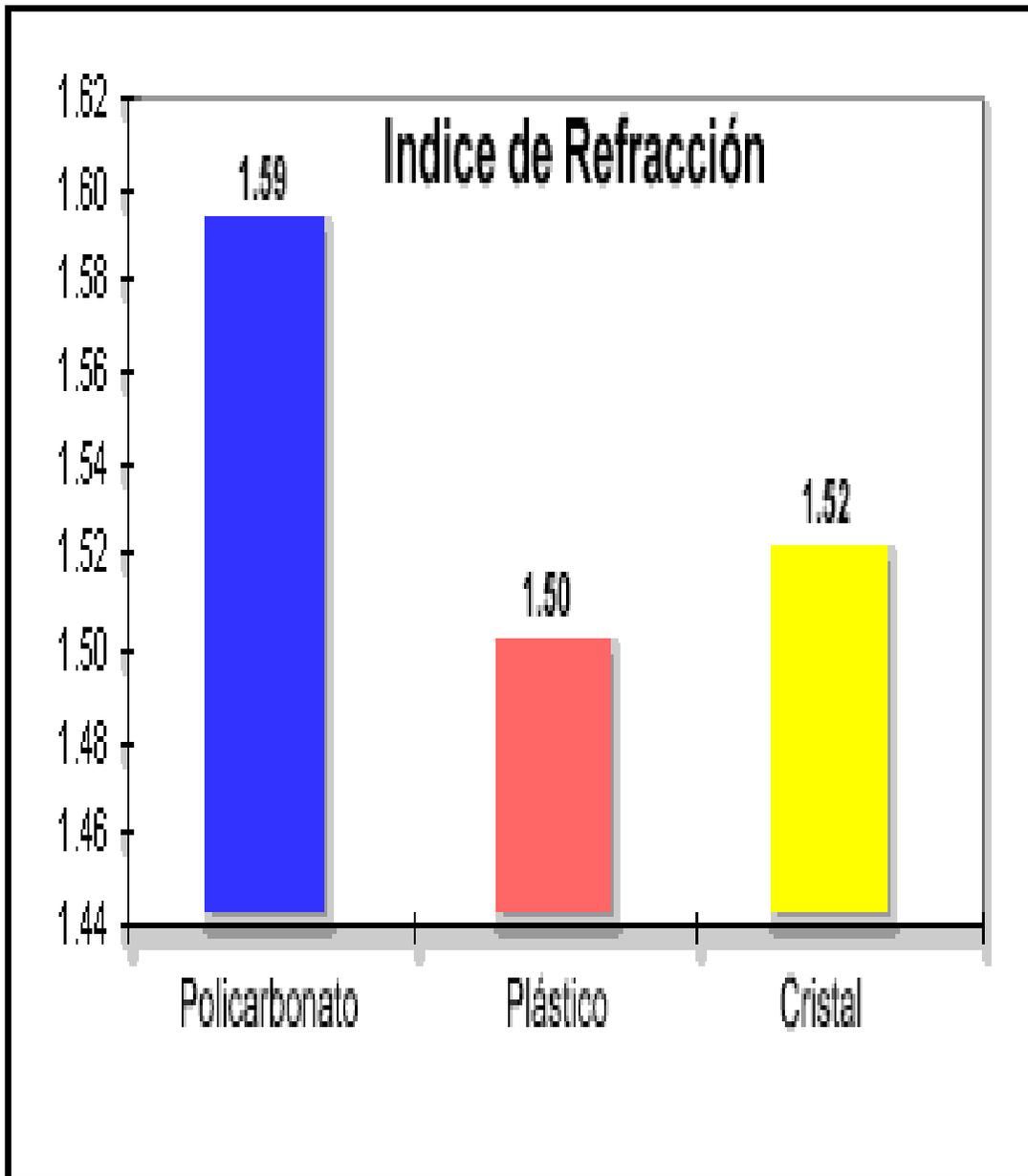
comparación con el CR-39, los materiales con un alto índice de 1.595 reducen el grosor del borde en un lente esférico de -6.00 D con 70mm de diámetro, en 2.1mm ó 20 por ciento (incluyendo 0.5mm debidos a un "pulido" más fino) y el grosor central de un lente de +4.00 D y 70mm de diámetro por casi 1.0mm ó 16 por ciento.

Figura 7 Espesor de lentes de alto índice



En la figura comparativa siguiente se presenta los índices necesarios a utilizar en la fabricación de lentes de diferentes materiales;

Figura 8 Índice de refracción



1.4.2. Características de las bases

La adecuada selección de los armazones garantiza los mejores resultados para la colocación de los lentes en los aros.

El plástico de alto índice, aun siendo una herramienta eficiente por si misma para la fabricación de lentes más delgados, funciona mejor cuando se combina con una selección de armazón ideal.

El lente más delgado siempre se obtiene con el armazón de calibre más pequeño y redondo, con una distancia interpupilar lo más parecida posible a la distancia interpupilar binocular del usuario, a fin de minimizar el descentramiento del lente.

Para fórmulas positivas, el lente más delgado siempre se obtiene con el mínimo grosor del borde posible, recordando que un armazón sin aro requiere un borde más grueso.

Combinando estas reglas básicas de venta con las propiedades de un material de plástico de auténtico alto índice de 1.6, podemos garantizar que nuestros pacientes puedan disfrutar de las ventajas ofrecidas por lentes muy delgados, livianos y confortables.

1.5. Descripción de la maquinaria

Para lograr que los productos ópticos sean uniformes y tengan un buen grado de calidad, se debe pensar en la calidad de la maquinaria, ya que con frecuencia por bajar costos se compra maquinaria usada en mal estado, y esto

hace que el riesgo industrial, por fabricar piezas defectuosas sea muy grande, además del alto costo de mantenimiento que hace, en el mayor número de casos; que la rebaja en la inversión inicial no compense los altos costos de operación, así como el bajo valor de retorno que podría tener la maquinaria si fuera nueva, por tal razón la empresa óptica cuenta con maquinaria de tecnología de punta y necesaria para la producción de lentes, entre las cuales están;

EQUIPO DE PRODUCCIÓN:

- **Generador manual**
Es una máquina en la cual el operador gradúa en ella el tallado de las bases para obtener de ese modo la graduación de los lentes que se está solicitando. Ver anexo figura 18
- **Generador computarizado**
Es una máquina computarizada, en la que el operador introduce algunos datos de los cálculos que realizó para el tallado de las bases y procesa la información obteniendo de ese modo la graduación del lente.
Ver anexo figura 19
- **Biseladora automática o Biseladora con Patrón**
En estas máquinas se introduce el aro de los lentes y los mismos son escaneados por la máquina guardando la foto en memoria para que el operador pueda recurrir al corte de los lentes logrando mayor precisión y calidad en el acabado. Ver anexo figuras 20 y 23

- Rectificadora de moldes

Estos son Instrumentos que se utilizan para rectificar las curvas que presentan las bases antes de ser trabajadas en el generador. Ver anexo figura 21

- Unidad de endurecimiento superficial

Es un equipo en el cual se aplica un recubrimiento a la cara posterior del lente; comúnmente se le llama laca que lo hace más resistente a los rayones. Ver anexo figura 22

- Pulidora o cilíndrica

Son llamadas comúnmente cilíndricas, las cuáles sirven para pulir los paros que han quedado abiertos después de que los lentes han pasado por el proceso del tallado en el generador. Ver anexo figura 24

- Instrumento de diagnóstico

Generalmente se conoce como Lensómetro, el cual se utiliza como un instrumento para control de calidad, y para chequear la graduación final que ha quedado en el lente. Ver anexo figura 25

Asimismo existe variedad de equipo auxiliar el cual puede o no ser utilizado.

EQUIPO AUXILIAR PARA CORTE Y MONTAJE:

- Centrador
- Patronadora

- Talador

Ver anexo figura 26

EQUIPO AUXILIAR PARA TALLA DE LENTES:

- Bloqueador de Alloy
- Aplicador de cintas neumático
- Marcador de ejes
- Tanque de recuperación de Alloy

Ver anexo figura 27

1.6 Descripción de la mano de obra

Por el tipo de trabajo que se elabora dentro del laboratorio, la mano de obra que se requiere es mano de obra calificada. La contratación de personal se hace con base en una prueba de conocimientos básicos.

La cantidad de personas que trabajan en el laboratorio es reducida, todo se debe al fácil manejo de las máquinas; están distribuidas de la siguiente manera;

- 2 personas para máquinas cilíndricas

- 11 personas para producción
- 3 personas para mensajería
- 2 personas para bodega
- 5 personas para recepcionistas

1.7. Tipo de producción

El tipo de producción que se realiza es una producción intermitente; se trabaja con base en pedidos, lo que significa que nunca se cuenta con producto almacenado en bodega por largos períodos, y por ende; las variaciones en la demanda son muy fuertes.

Se marcan períodos fuertes de la demanda durante el año, básicamente en dos, la primera que va de diciembre a febrero y la segunda de junio para agosto.

Durante estos meses las ventas tienden a aumentar en forma acelerada; después de estos períodos las ventas vuelven a disminuir.

2. EL PROCESO ACTUAL DE PRODUCCION

2.1. Planeación de operaciones

En la planeación de operaciones, se trata de establecer la capacidad con que cuenta la óptica para poder satisfacer la demanda. Esto servirá posteriormente para establecer un plan de producción que integra hombres, máquina y materiales, para la máxima coordinación de la empresa. La capacidad se calcula mediante los diagramas de operaciones, diagramas de flujo y análisis de tiempos de las actividades productivas de la empresa.

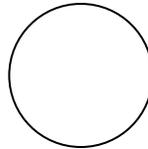
2.1.1. Diagrama de operaciones

Es una representación gráfica del proceso de fabricación, en el que se muestra claramente la secuencia de eventos en orden cronológico, desde el material en bruto hasta que sale el producto terminado. Dentro de estos eventos, se incluyen los referentes a las inspecciones, operaciones efectuadas y el tiempo de duración de dicho evento, sin considerar el manejo de materiales.

Antes de que se pueda mejorar un diseño, se deben examinar primero los dibujos que indican el diseño actual del producto. Análogamente, antes de que sea posible mejorar un proceso de fabricación conviene elaborar un diagrama de operaciones que permita comprender perfectamente el problema para determinar en que áreas existen las mejores posibilidades de mejoramiento.

A continuación, se definen los siguientes aspectos teóricos necesarios para el desarrollo práctico de los diagramas de operaciones:

- Operación: se efectúa cuando la parte estudiada es transformada intencionalmente, o cuando es estudiada o planeada, antes de desarrollar un trabajo productivo en ella, se denota con el siguiente símbolo;



- Inspección: se realiza, cuando la parte estudiada se examina para determinar si está de acuerdo con lo planeado; se denota con el siguiente símbolo;



- Actividad combinada: tiene lugar, cuando la parte estudiada, es sometida a operación e inspección simultáneamente; se denota con el siguiente símbolo;

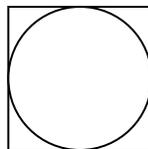
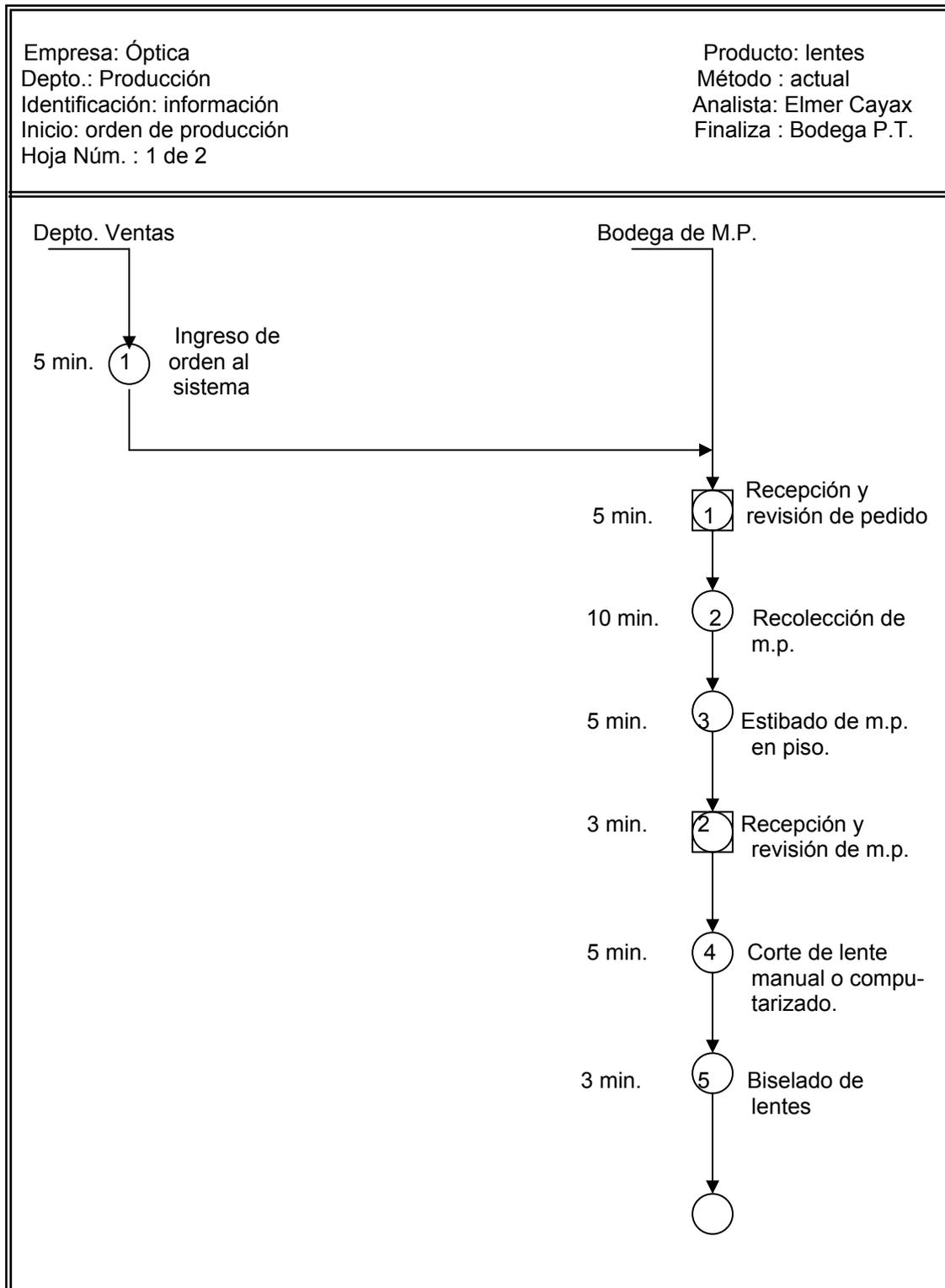


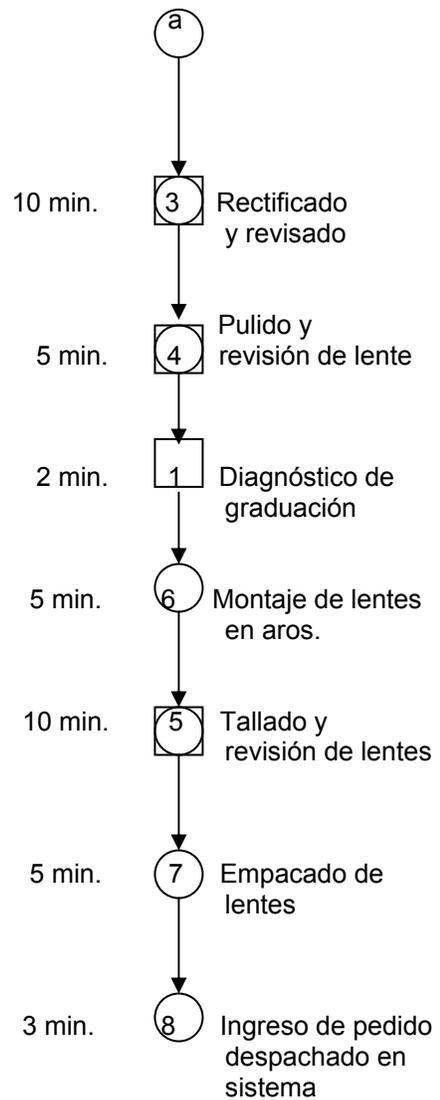
Figura 9 Diagrama de operaciones



Continuación

Empresa: Óptica
 Depto.: Producción
 Identificación: información
 Inicio: orden de producción
 Hoja Núm. : 2 de 2

Producto: lentes
 Método : actual
 Analista: Elmer Cayax
 Finaliza : Bodega P.T.



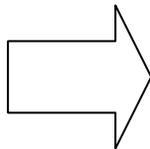
Resumen		
Evento	Cantidad	Tiempo (min)
Operación	8	41
Inspección	1	02
Combinada	5	33

2.1.2. Diagrama del flujo de proceso

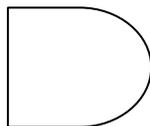
Es una representación gráfica de todas las operaciones, transportes, inspecciones, demoras y almacenamientos que tienen lugar durante un proceso o procedimientos, que incluye para el análisis el tiempo requerido y distancia recorrida. Este diagrama pone de manifiesto los costos ocultos, los totales como distancias recorridas, retrasos y almacenamientos temporales, con períodos de tiempo no productivos.

En el diagrama de flujo, además de las operaciones e inspecciones consideradas en el diagrama de operaciones, y definidos en los párrafos anteriores, se tiene;

- Transporte: es una actividad que implica movimiento de un producto de un lugar a otro, y se considera como transporte cuando la distancia por recorrer es de 1.5 m como mínimo, y se denota con el símbolo siguiente;



- Demora: se presenta cuando no se puede ejecutar ninguna otra actividad; es decir no se puede procesar inmediatamente al llegar a la siguiente estación de trabajo y se denota con el símbolo siguiente;



- Almacenamiento: es cuando un producto se guarda en un lugar determinado sin estar sujeto a operaciones, inspecciones o transportes, y se le protege de un traslado no autorizado, denotándolo con el símbolo siguiente.

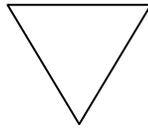
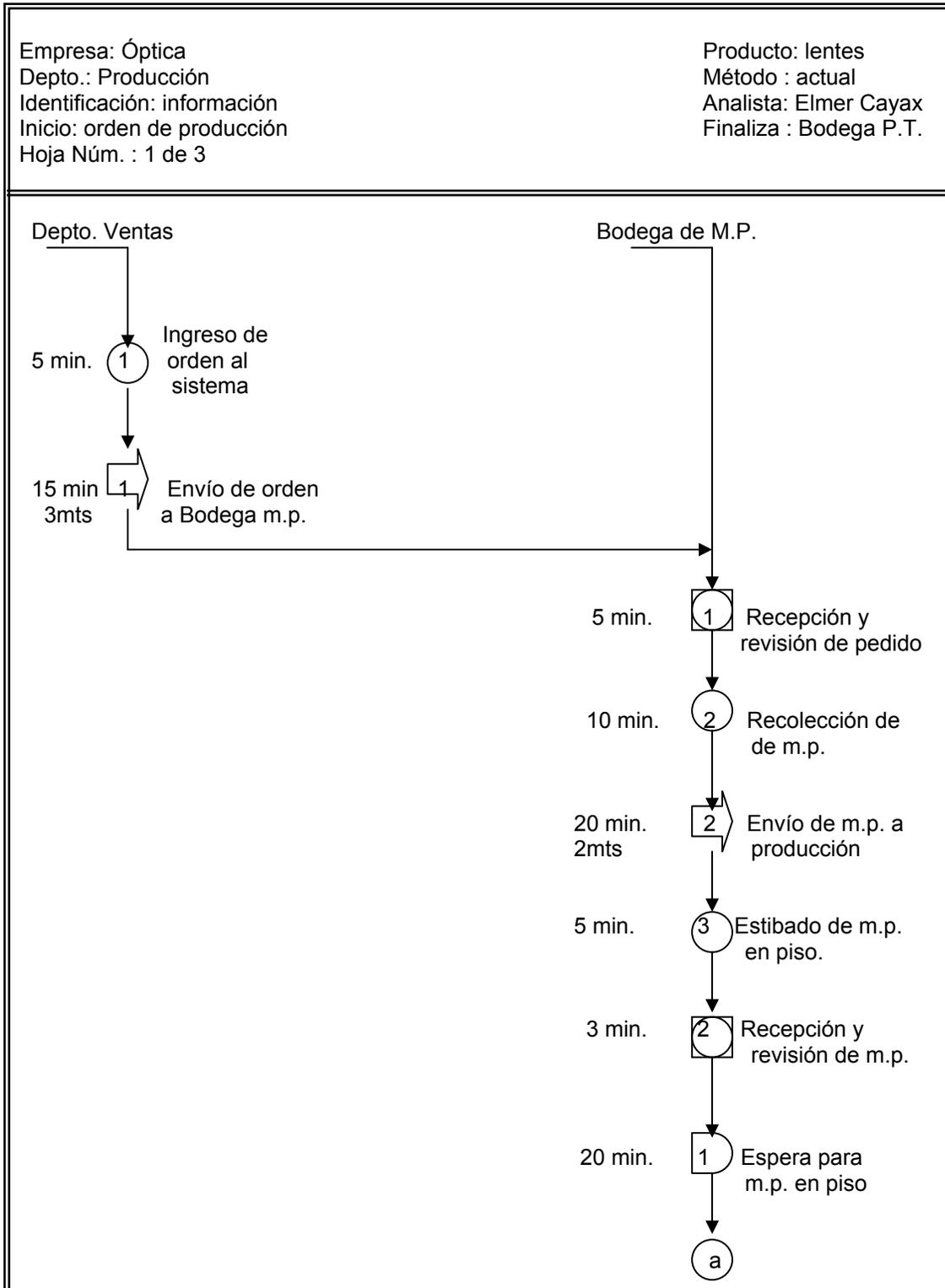


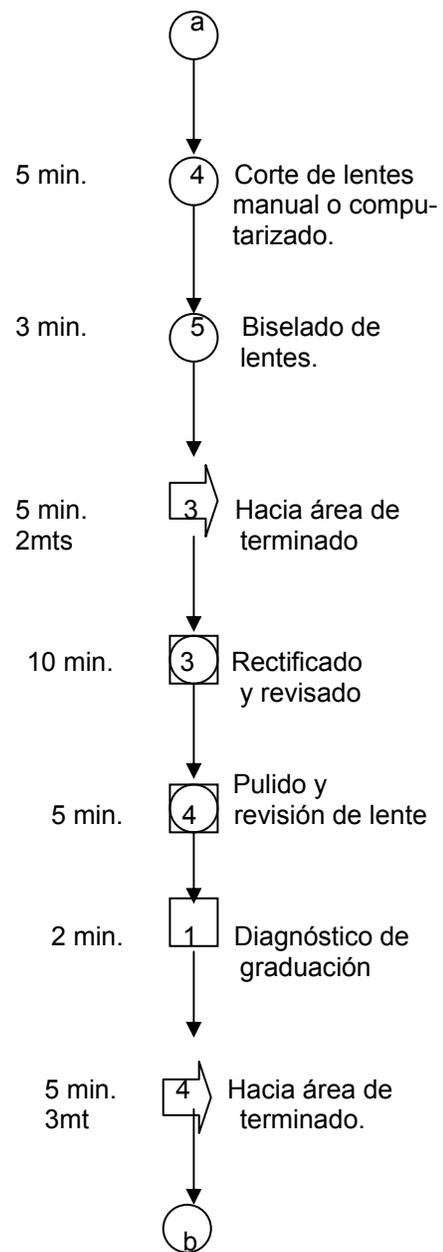
Figura 10 Diagrama de flujo de operaciones



Continuación

Empresa: Óptica
Depto.: Producción
Identificación: información
Inicio: orden de producción
Hoja Núm. : 2 de 3

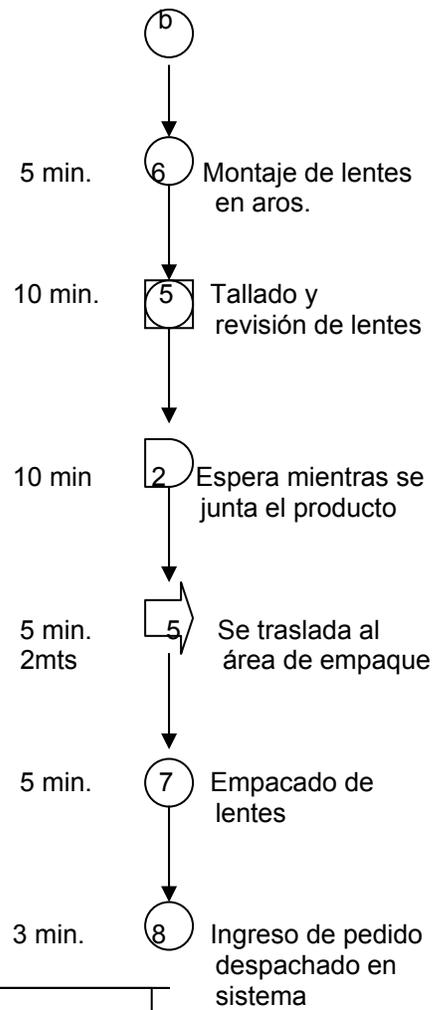
Producto: lentes
Método : actual
Analista: Elmer Cayax
Finaliza : Bodega P.T.



Continuación

Empresa: Óptica
 Depto.: Producción
 Identificación: información
 Inicio: orden de producción
 Hoja Núm. : 3 de 3

Producto: lentes
 Método : actual
 Analista: Elmer Cayax
 Finaliza : Bodega P.T.



Resumen			
Evento	Cantidad	Tiempo (min)	Distancia
Operación	8	41	
Inspección	1	02	
Combinada	5	33	
Transporte	5	50	12metros
Espera	2	30	

2.1.3. Distribución de la planta

El objetivo básico de la distribución en planta es el desarrollo del sistema productivo que satisfaga los requerimientos de capacidad y calidad en la forma más económica, mediante la distribución de las máquinas, lugares de trabajo, áreas de almacenamiento como:

- materia prima

- productos terminados

- suministros

- materia prima en piso

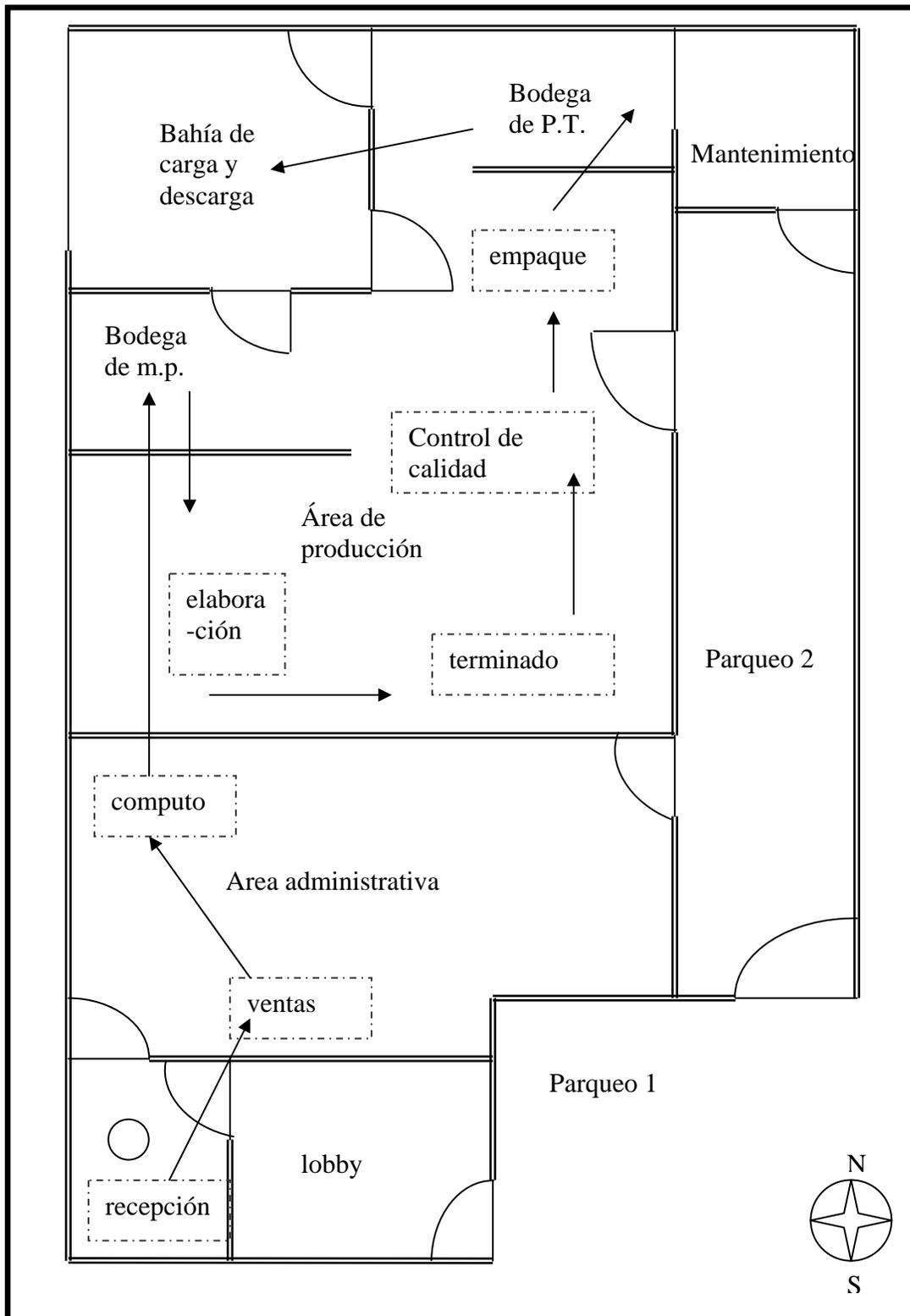
- repuestos

También en áreas de transporte y productos a través del sistema y servicios auxiliares de producción, como, herramientas, mantenimiento y personal.

La distribución que la óptica presenta es por producto, es decir, que se arregla el equipo existente de acuerdo con la secuencia que se utiliza para la fabricación de las unidades estándar. La actual distribución en la planta de la óptica se presenta en la figura que se muestra a continuación y está compuesta de las siguientes áreas.

La representación gráfica de la distribución de la óptica es como se observa en la siguiente figura:

Figura 11 Diagrama de distribución de óptica



2.2. Cálculo de tiempos

El estudio de tiempos también se conoce como medición del trabajo; el analista de estudios de tiempos tiene varias técnicas que utilizan para establecer un estándar, una de ellas es la cronometración de los tiempos.

2.2.1. Tiempo normal

Mediante la normalización del proceso de producción se han registrado las actividades necesarias para la producción de gafas; la siguiente fase consiste en hacer la medición del tiempo de la operación. A esta parte del control de producción se le denomina comúnmente cronometraje de las actividades, en el cual se va a determinar el tiempo normal necesario para la realización de cada actividad. El tiempo normal es el tiempo promedio observado de los cuales se obtuvieron los datos que se presentan en la siguiente tabla;

Tabla II Tiempo normal del proceso

Núm.	Actividad	Descripción	Tiempo Tn
1	Ingreso de pedido	Se ingresa el pedido al sistema de computo para su respectivo proceso.	5 min.
1-c	Recepción de pedido.	Se ingresa el pedido al sistema de computo para su respectivo proceso.	5 min.
2	Recolección de m.p.	El montacarguista procede a recolectar la materia prima programada para producción del pedido ingresado.	10 min.
3	Estibado de m.p. en piso.	El montacarguista pone toda la m.p. recolectada en área designada para estibado.	5 min.
2-c	Recepción y	El supervisor de manejo de	

	revisión de m.p.	materiales recibe y revisa que la m.p. este en buenas condiciones y la cantidad exacta.	3 min.
4	Corte de lentes.	Se inicia la producción con el corte de lentes por medio manual o computarizado.	5 min.
5	Biselado de lentes	Una vez cortados los lentes se biselan manual o con formato.	3 min.
3-c	Rectificado y revisado	Se rectifican los lentes y se revisan automáticamente para que no lleven imperfección.	10 min.
4-c	Pulido y revisión de lente	El toque final al lente es el pulido del mismo y luego se vuelve a revisar que no lleven imperfecciones.	5 min.
1	Diagnóstico de graduación	Esta es una revisión para saber si lleva la graduación exacta el lente.	2 min.
6	Montaje de lentes en aros	Se ensambla el lente en la base seleccionada para el terminado	5 min.
5-c	Tallado y revisión de lentes	Una vez ensamblados se talla y se revisa que el producto esté fuera de daños.	10 min.
7	Empacado de lentes	Luego de terminado el producto se empaca en su respectiva caja.	5 min.
8	Ingreso de pedido despachado al sistema	Una vez terminado la producción del pedido, se ingresa al sistema como despachado	3 min.

2.2.2. Tiempo mínimo

El tiempo mínimo es igual al tiempo normal multiplicado por un factor de valorización en porcentaje (fv); para encontrar el factor de valorización se utiliza la tabla de Westinghouse donde se evalúan las siguientes características:

Tabla III Sistema Westinghouse

Característica	Evaluación	Puntuación
Habilidad	Excelente	0.10
Esfuerzo	Buena	0.05
Consistencia	Media	0.00
Condiciones	Buena	0.05

Fuente: Roberto García Criollo, Medición del trabajo, ingeniería de métodos p34

El total de las características es igual a 0.20; es el valor que se le suma al 100% del tiempo normal y nos da el factor de valorización que será 1.20, el cual se ilustrará en la siguiente tabla. La fórmula es la siguiente;

$$T_m = T_n * fv (\%)$$

$$T_m = T_n * 1.20$$

Tabla IV Tiempo mínimo del proceso

Núm.	Actividad	Descripción	Tiempo Tn
1	Ingreso de orden a sistema	Se ingresa el pedido al sistema de computo para su respectivo proceso	6 min.
1-c	Recepción de pedido.	Se revisa el pedido al sistema de computo para su respectivo proceso.	6 min.
2	Recolección de m.p.	El montacarguista procede a recolectar la materia prima programada para producción del pedido ingresado.	12 min.
3	Estibado de m.p. en piso.	El montacarguista pone toda la m.p. recolectada en área designada para estibado.	6 min.
2-c	Recepción y revisión de m.p.	El supervisor de manejo de materiales recibe y revisa que la m.p. esté en buenas condiciones y la cantidad exacta.	3.4 min.
4	Corte de lentes.	Se inicia la producción con el corte de lentes por medio manual o computarizado.	6 min.
5	Biselado de lentes	Una vez cortados los lentes se biselan manual o con formato.	3.4 min.
3-c	Rectificado y revisado	Se rectifican los lentes y se revisan automáticamente para que no lleven imperfección.	12 min.
4-c	Pulido y revisión de lente	El toque final al lente es el pulido del mismo y luego se vuelve a revisar que no lleven imperfecciones.	6 min.

1	Diagnóstico de graduación	Esta es una revisión para saber si lleva la graduación exacta el lente.	2.4 min.
6	Montaje de lentes en aros	Se ensambla el lente en la base seleccionada para el terminado	6 min.
5-c	Tallado y revisión de lentes	Una vez ensamblados se talla y se revisa que el producto esté fuera de daños.	12 min.
7	Empacado de lentes	Luego de terminado el producto se empaca en su respectiva caja.	6 min.
8	Ingreso de pedido despachado al sistema	Una vez terminado la producción del pedido se ingresa al sistema como despachado	3.4 min.

2.2.3. Tiempo estándar

El tiempo estándar es el tiempo que se concede para efectuar una tarea, en el están incluidos los tiempos de los elementos cíclicos, repetitivos, constantes, variables, así como los elementos casuales o contingentes que fueron observados durante el estudio de tiempos; a estos tiempos ya valorados se les agregan los siguientes aspectos, como por ejemplo personales, fatiga y especiales. La fórmula a utilizar es la siguiente;

$$Te = Tm * (1 + \%tolerancia)$$

Las tolerancias se obtuvieron de la tabla del instituto de administración científica de las empresas de “Técnicas de organización”, y sus porcentajes son los que se presentan en la siguiente tabla; se utiliza la siguiente fórmula;

$$Te = Tm * (1+0.15)$$

$$Te = Tm * (1.15)$$

Tabla V Tolerancias

TOLERANCIAS	PORCENTAJE
Tolerancias constantes:	
Tolerancias personales	5%
Tolerancias básicas por fatiga	4%
Tolerancias variables:	
Por trabajar de pie	2%
Empleo de fuerza muscular	4%
TOTAL	15%

En la tabla que se presenta a continuación se muestran los tiempos estándar del proceso de fabricación de lentes;

Tabla VI Tiempo estándar del proceso

Núm.	Actividad	Descripción	Tiempo Tn
1	Ingreso de pedido	Se ingresa el pedido al sistema de computo para su respectivo proceso.	6.9 min
1-c	Recepción de pedido.	Se revisa que el pedido esté debidamente autorizado.	

			6.9 min.
2	Recolección de m.p.	El montacarguista procede a recolectar la materia prima programada para producción del pedido ingresado.	13.8 min.
3	Estibado de m.p. en piso.	El montacarguista pone toda la m.p. recolectada en área designada para estibado.	6.9 min.
2-c	Recepción y revisión de m.p.	El supervisor de manejo de materiales recibe y revisa que la m.p. esté en buenas condiciones y en la cantidad exacta.	3.91 min.
4	Corte de lentes.	Se inicia la producción con el corte de lentes por medio manual o computarizado.	6.9 min.
5	Biselado de lentes	Una vez cortados los lentes se biselan manual o con formato.	3.91 min.
3-c	Rectificado y revisado	Se rectifican los lentes y se revisan automáticamente para que no lleven imperfección.	13.8 min.
4-c	Pulido y revisión de lente	El toque final al lente es el pulido del mismo y luego se vuelve a revisar que no lleven imperfecciones.	6.9 min.
1	Diagnóstico de graduación	Esta es una revisión para saber si lleva la graduación exacta el lente.	2.76 min.
6	Montaje de lentes en aros	Se ensambla el lente en la base seleccionada para el terminado.	6.9 min.

5-c	Tallado y revisión de lentes	Una vez ensamblados se talla y se revisa que el producto este fuera de daños.	13.8 min.
7	Empacado de lentes	Luego de terminado el producto se empaca en su respectiva caja.	6.9 min.
8	Ingreso de pedido despachado al sistema	Una vez terminado la producción del pedido se ingresa al sistema como despachado	3.91 min.

2.3. Balance de líneas

La línea de producción se reconoce como el principal medio para producir a bajo costo, grandes cantidades o series de elementos normalizados.

En su concepto más refinado, la producción en línea es una disposición de áreas de trabajo, donde las operaciones consecutivas están colocadas inmediata y mutuamente adyacentes, donde el material se mueve continuamente y a un ritmo uniforme a través de una serie de operaciones equilibradas que permiten la actividad simultánea en todos los puntos, moviéndose el producto hacia el fin de su elaboración a lo largo de un camino razonadamente directo.

Un concepto de alta aplicación e importancia en el balance de líneas es el de la eficiencia, que no es más que la capacidad, en términos de porcentaje, con la cual se logran realizar una o varias operaciones para lograr los objetivos.

En el ciclo de producción de la elaboración de lentes es conveniente asignar cantidades iguales de trabajo a cada operador, para que el tiempo ocioso en la línea de producción no exista o sea muy pequeño. Esto se logra mediante la distribución del elemento humano a las máquinas o viceversa, de acuerdo con las necesidades de la fábrica.

2.3.1. Eficiencia

La eficiencia es la razón entre la producción real obtenida y la producción estándar esperada, la eficiencia y la efectividad no tienen que manejarse juntas puesto que la primera implica alcanzar un cierto nivel o tasa de resultados que sea aceptable, pero no necesariamente deseable. El cálculo de la eficiencia se obtiene utilizando la siguiente fórmula:

$$e = (\text{Suma } T_i) / (n * c)$$

donde:

e = eficiencia

T_i = tiempo de la operación (T_e) en minutos

C = tiempo del ciclo en minutos

n = número de operarios

por lo cual:

T_i = 104.19 min

C = 31.51 min

$$n = 6$$

calculando:

$$e = (104.19) / (6 * 31.51)$$

$$e = 55.10\%$$

2.3.2. Productividad

Productividad es el cociente que se obtiene al dividir la producción por uno de los factores de producción; de esta forma es posible hablar de la productividad del capital, de la inversión o de la materia prima según si lo que se produjo se toma en cuenta respecto al capital, a la inversión, o a la cantidad de materia prima.

La palabra productividad se ha vuelto tan popular en la actualidad que es raro que no la mencionen; en el sentido formal, tal vez, la primera vez que se mencionó la palabra productividad fue en un artículo de Quesnay en el año 1766; un siglo después, en 1883, Littré definió la productividad como la “facultad de producir”, sin embargo, no fue sino hasta principios del siglo veinte que el término adquirió un significado más preciso, como un relación entre lo producido y los medios empleados para hacerlo.

Para efectos de ilustración, se calculará la productividad parcial del trabajo en la cual vemos los recursos humanos utilizados; la productividad del trabajo queda de la siguiente manera:

$P(\text{trabajo}) = \text{producción} / (\text{tiempo} * \text{trabajadores})$

$P(\text{trabajo}) = 1,125 \text{ lentes} / (8\text{hr} * 25 \text{ días} * 14 \text{ empleados})$

$P(\text{trabajo}) = 1,125 / 2800 = 0.40$

El resultado obtenido únicamente nos servirá como un índice de referencia para poder calcular la productividad de la producción siguiente, en donde podremos observar si se incrementa o reduce al compararlos.

2.3.3. Balance actual de líneas

Las estaciones actualmente se dividen como aparecen en la tabla que se muestra a continuación, basados en el diagrama de operaciones; éste consiste en especificar la forma de cómo varios operadores que trabajan simultáneamente llevando a cabo operaciones consecutivas, son capaces de realizar un producto terminado que llene los requisitos exigidos por el consumidor en el menor tiempo posible y aun mínimo costo.

Los cálculos que se muestran a continuación fueron realizados tomando en cuenta el tiempo promedio cronometrado de cada actividad;

Tabla VII Balance de líneas del proceso

Estación	Operario	Operación Núm.	Tiempo estándar Ts
1	1	1	6.9 min
2	3	1-c,2-c,2,3	31.51 min
3	2	4,5	10.81 min
4	3	3-c,4-c,1-i	23.46 min
5	3	6,5-c	20.7 min
6	2	7,8	10.81 min
	14	TOTAL	104.19 min

2.4. Ritmo de producción

El ritmo de producción va a estar determinado por el tiempo de la estación o del operario más lento, y como se tiene que el tiempo disponible por día de producción es de ocho horas, es decir cuatrocientos ochenta minutos, la empresa produce un promedio de 1,125 piezas por mes, entonces el ritmo de producción queda de la siguiente manera;

$$\text{Ritmo de producción} = (\# \text{ op.}) \cdot (\text{Tiempo permitido}) / (T.s)$$

$$\text{Ritmo de producción} = (3)(60\text{min} \cdot 8\text{hr}) / 31.51$$

$$\text{Ritmo de producción} = 45 \text{ lentes por día}$$

2.5. Manejo de materiales

Un buen manejo de materiales es aquel que comprende una planeación del requerimiento de los mismos, la que está lista a aceptar información obtenida de algunas fuentes como:

- Pedidos de clientes directos
- Pronósticos de la demanda
- Cambios en el sistema de inventario
- Cambios en ingeniería de la producción

Tanto los pedidos de los clientes, como los pronósticos de demanda proporciona, información de la producción agregada y generan el programa de producción básico.

Los cambios en el inventario crean nuevos niveles en el sistema del estado del almacén, informando cuanto de cada materia está disponible en bodega; los cambios en ingeniería reflejan modificaciones en el diseño del producto, lo que cambia la lista de materiales o componentes del artículo, pero debido a que la empresa es de tamaño considerablemente pequeño, entonces no es necesario contar con un manejo de materiales muy estructurado, pero que si cuente con una existencia reducida de materias primas.

3. DESARROLLO DE PRONOSTICOS (PROPUESTA)

3.1. Determinación del modelo de la demanda

Para la buena administración de la producción en una planta es necesario realizar pronósticos o estimaciones de las cajas o unidades del producto o productos que se fabrican en el centro de trabajo.

Con el propósito de conocer lo más cercano posible las unidades o cajas de productos que se venderán en el futuro, para evitar, ya sea que falten unidades para vender según lo facturado en el mes, o que se fabriquen productos de más y sobren en la bodega de producto terminado, lo cual en ambos casos es un problema para el fabricante, pues en el primer caso, facturar en números rojos representa no cumplir con la demanda del producto y la posibilidad de que el cliente busque otras opciones en el mercado que sustituyan al producto que no se le despacha, pues tanto para el detallista como para el consumidor, es abrir una posibilidad de buscar opciones de productos de consumo en el mercado.

El pronóstico es un cálculo de la actividad futura; puede ser una predicción sobre la aceptación de un nuevo producto de los cambios en la demanda u otras condiciones que influyen directamente en la planeación de la producción; el valor de los pronósticos exactos es fácil de apreciar si se examinan las decisiones de que ellos dependen.

Para ello se hace un análisis estadístico de los datos de producción del pasado y con base en ello, poder estimar la cantidad futura.

Sin embargo, también se deben tomar en cuenta factores externos a la empresa, tales como:

- competencia
- nivel de la construcción
- problemas sociales
- devaluación de la moneda
- escasez de materia prima

Los cuales son un poco difícil predecir, pero al tener una estimación de la cantidad que se espera vender, se pueden hacer las previsiones necesarias para poder producir esa cantidad y evitar fluctuaciones en las cargas de trabajo.

Se necesita saber si la demanda de producción en la fabricación de lentes tienen algún comportamiento especial en el tiempo; para ello se analizan los datos históricos de la producción de la empresa óptica durante un período de tiempo específico.

Se dice que la demanda tiene tendencia estable cuando la serie de datos mantiene niveles, sobre el tiempo, dentro de ciertos límites; en caso contrario, se denomina inestable. Para fines prácticos del proyecto presentado, se elaborará un pronóstico de ventas, basado en producciones anteriores de

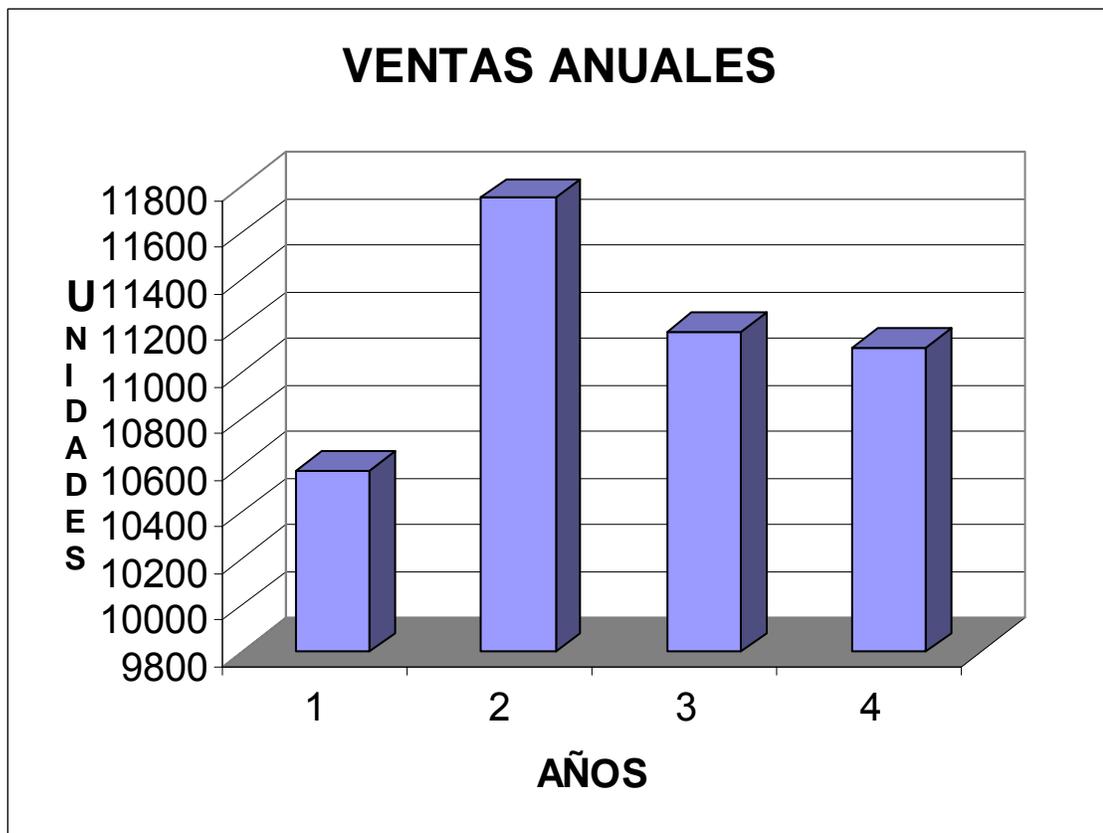
cuatro años, empezando de enero del 2,000 a diciembre del 2,003, la unidad de medición será en unidades por lo que técnicamente se refiere a gafas o sea a par de lentes vendidos, como se presenta en la siguiente tabla;

Tabla VIII Período de ventas 2000 – 2003

Año	VENTAS EN UNIDADES
2000	10,581 gafas
2001	11,750 gafas
2002	11,175 gafas
2003	11,105 gafas

Trasladando los datos de la tabla VIII a una gráfica en unidades estándar contra años, se puede apreciar la siguiente gráfica:

Figura 12 Ventas anuales



3.1.1. Volumen de producción

Al analizar los datos anteriores, se observa un movimiento año con año en el consumo de unidades estándar de lentes, razón por la cual, con base en esta información, se procede a elaborar la estimación del pronóstico para el año número cinco:

Tabla IX Porcentajes de aumento

		Año BASE		Año ANTERIOR	
Año	(U)	DIFERENCIA	%AUMENTO	DIFERENCIA	%AUMENTO
2000	10,581	0	0	0	0
2001	11,750	1,169	11.05	1169	11.05
2002	11,175	594	5.61	575	-4.89
2003	11,105	524	4.95	70	-0.62

En la tabla IX se puede observar que los porcentajes de incremento, en relación con el año base, se comportan de la siguiente manera:

- Para el año 2,001 : 11.05% de incremento respecto al año base
- Para el año 2,002 : 5.61% de incremento respecto al año base
- Para el año 2,003: 4.95% de incremento respecto al año base

Con esto se puede inferir que la relación de incremento en la demanda de año con año respecto al año base, es en promedio 7.20%, pero también puede

observarse que en los volúmenes de producción anual existe relativa variación, por lo cual en este caso, se analizarán las cantidades de producción mensuales de las unidades estándar de los últimos cuatro años como se muestra en la siguiente tabla;

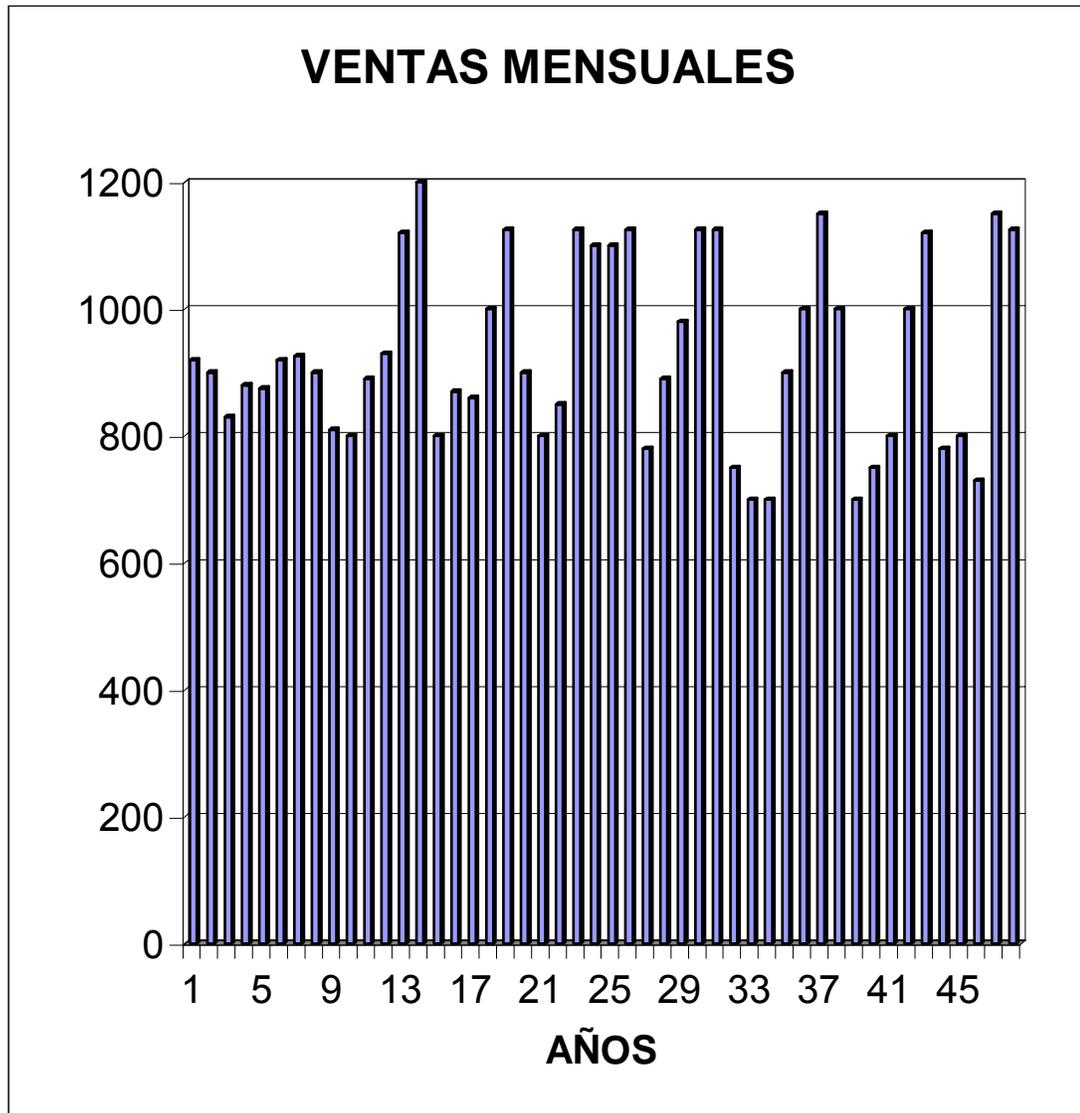
Tabla X Producción mensual de unidades estándar

MES	Xi	(U)	Xi	(U)	Xi	(U)	Xi	(U)
Enero	1	920	13	1120	25	1100	37	1150
Febrero	2	900	14	1200	26	1125	38	1000
Marzo	3	830	15	800	27	780	39	700
Abril	4	880	16	870	28	890	40	750
Mayo	5	875	17	860	29	980	41	800
Junio	6	920	18	1000	30	1125	42	1000
Julio	7	926	19	1125	31	1125	43	1120
Agosto	8	900	20	900	32	750	44	780
Septiembre	9	810	21	800	33	700	45	800
Octubre	10	800	22	850	34	700	46	730
Noviembre	11	890	23	1125	35	900	47	1150
Diciembre	12	930	24	1100	36	1000	48	1125
TOTALES	12	10,581	24	11,750	36	11,175	48	11,105

3.1.2. Tendencia de la demanda

Para determinar la tendencia de los datos de producción, se elabora un gráfico de los datos, mostrando el volumen de producción correspondiente a cada mes, en una secuencia cronológica, en el gráfico siguiente:

Figura 13 Ventas mensuales



Ahora se calculará el promedio (\bar{x}), y la desviación estándar (s^2), que es una medida de dispersión, con lo cual se obtiene un intervalo de confianza igual a:

$$\bar{X} \pm (2 * s^2)$$

Con una distribución normal con $4 * S$, este rango indica que el 95% de los datos se encuentra dentro de los límites de control. Estos límites se trazan sobre la gráfica de los datos de producción de los últimos cuatro, y si los datos se encuentran dentro de este intervalo, entonces el comportamiento de la demanda es estable.

Los cálculos se efectúan de la siguiente manera;

Donde:

\bar{X} = promedio

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{N} = \frac{44,611}{48} = 929.39$$

S^2 = desviación estándar

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{N} = \frac{994,773.48}{48} = 143.95$$

Límites del intervalo:

$$\text{Límite superior (LS)} = X + (2 \cdot S^2)$$

$$\text{Límite superior (LS)} = 929 + (2 \cdot 144) = 1217$$

$$\text{Límite inferior (LI)} = X - (2 \cdot S^2)$$

$$\text{Límite inferior (LI)} = 929 - (2 \cdot 144) = 614$$

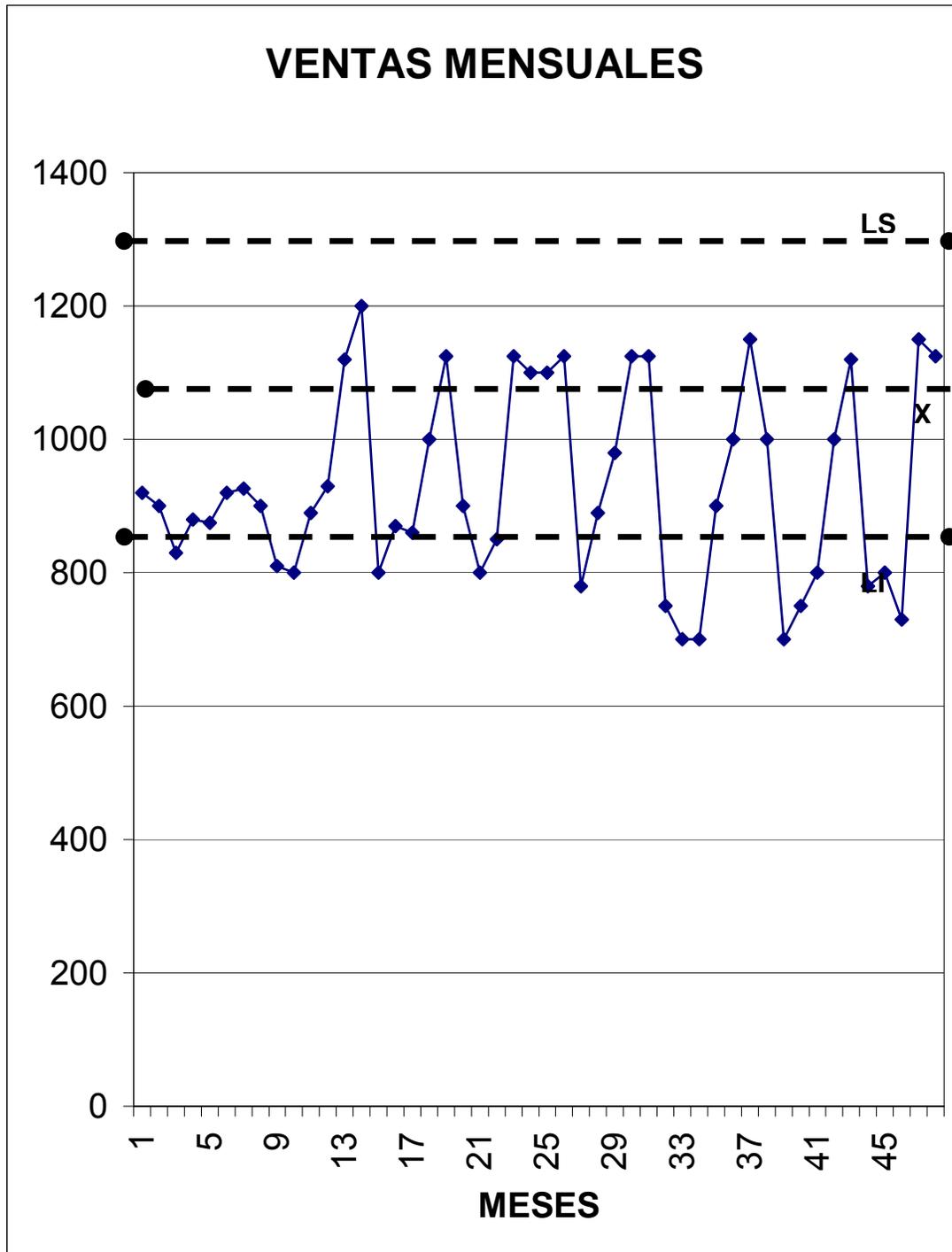
Una vez que se tienen los límites del intervalo, se trazan los límites sobre el gráfico de ventas mensuales y se verifica si los datos se encuentran dentro del intervalo mencionado.

Cuando ya están graficados los límites se podrá apreciar que los datos de producción de los cuatro años de ventas de las unidades estándares o sea las gafas, se encuentra dentro de los límites del intervalo, por lo tanto se puede afirmar que la tendencia de la demanda es tipo estable.

Para efectos del trabajo, se evaluarán todos los métodos para pronosticar, entre los cuales tenemos a las familias estables, familias ascendentes o descendentes, familias cíclicas y familias combinadas, para poder corroborar el análisis hecho anteriormente.

Ahora se muestra la gráfica con sus respectivos límites:

Figura 14 Tendencia de las ventas mensuales



3.2. Pronósticos

3.2.1. Métodos para realizar los pronósticos

Existen varios métodos para calcular los pronósticos; el primer paso consiste en evaluar los métodos que se pueden aplicar al tipo de comportamiento de los datos; la evaluación consiste en comparar el pronóstico con la producción real y calcular las desviaciones absolutas, las que sumadas, darán como resultado el error acumulado.

El método más adecuado será aquel que indique el menor error acumulado, el que, no es más que la diferencia entre los datos de producción y el pronóstico de cada mes. A veces el signo es muy importante, pues la fórmula sería (datos de producción menos pronósticos), respetando el signo y las cantidades de cada mes.

El error acumulado es la suma absoluta de cada mes de la columna de error, suma efectuada en forma vertical; aquí el signo no importa, pues cualquier diferencia, ya sea negativa o positiva siempre es considerada como un error.

De igual manera se procederá a calcular el error en todos los métodos que se analizarán. Para el cálculo del error acumulado se utilizarán los valores de los últimos cuatro meses del período de producción de lentes para todos los métodos y se utilizarán únicamente valores enteros en los resultados, ya que se trata de unidades estándares de lentes, por lo que no puede haber resultados con fracción decimal.

Si se observa detenidamente la matriz de análisis, puede apreciarse que lo que se persigue es obtener la última casilla de la columna del error acumulado, pues en ella se obtiene el dato más importante, que nos dice cuando el método matemático aplicado se acerca a la tendencia real de los datos de producción, el que nos servirá para comparar con esta misma casilla de otro método matemático, aplicado a los mismos datos de producción reales.

3.2.1.1. Familias estables

Dentro de las familias estables existen los siguientes métodos de evaluación;

- Último período
- Promedio aritmético
- Promedio móvil
- Promedio móvil ponderado
- Promedio móvil exponencial alfa
- Promedio móvil exponencial beta

- ULTIMO PERIODO: este método es el más sencillo de todos los métodos que se van a utilizar para su aplicación matemática; lo único que se debe hacer es suponer que la desviación estándar de los datos en el pasado serán iguales en el futuro; con esa afirmación, el pronóstico para el próximo periodo será igual al dato de producción que se tenga.

El pronóstico para el mes siguiente no es más que el dato de producción del mes anterior, así el pronóstico para el mes de diciembre, es la producción

del mes de noviembre, y así consecuentemente hasta finalizar el periodo en evaluación.

- PROMEDIO ARITMÉTICO: es un método que se utiliza cuando necesitamos que el pasado se refleje hacia el futuro; la mecánica de uso es muy sencilla, pues el primer pronóstico que se calcula no es más que el promedio del resto de datos de producción reales anteriores al periodo donde nos encontramos calculando el pronóstico.

El segundo pronóstico es igual al anterior más el dato de venta más reciente, que corresponde al periodo del pronóstico anterior y todo dividido entre el nuevo número de periodos, así consecuentemente hasta terminar con todos los periodos que se quieran analizar:

Así se obtienen los cálculos siguientes:

$$\text{Pronóstico del mes } i = \text{Pro } i = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Donde:

Pro = Pronóstico del mes

X_i = producción del mes

n = número de meses involucrados

Cuando los resultados salgan con fracción decimal se deberá aproximar a su entero superior.

-PROMEDIO MÓVIL: se diferencia del promedio aritmético, en que el número de periodos que se promedian es constante y para el pronóstico siguiente se desplaza el promedio desechando el valor más antiguo y agregando el valor más reciente o inmediato. Proporciona un ciclo formado por el número de periodos que se consideren en el promedio; se determinó que cuanto menos periodos tiene el ciclo, menor es el error acumulado que resulta para este juego de datos, por lo tanto se utilizó un ciclo de cuatro periodos o meses.

$$\text{Pronóstico del mes de diciembre} = \text{Pro } 45 = \frac{\text{Suma 4 anteriores}}{4}$$

- PROMEDIO MÓVIL PONDERADO: este es un promedio móvil, pero con ponderaciones aplicadas a cada periodo del promedio; estas ponderaciones deben sumar igual a uno. Se analizaron varios juegos de ponderaciones y se presenta la que proporcionó el menor error acumulado; las ponderaciones son las siguientes:

- 0.05
- 1
- 1.2
- 1.75

Así se obtienen los cálculos siguientes:

$$\text{Pronóstico del mes} = \text{Pro} = i - 4 \left[\begin{array}{c} \text{Xi* pond.} \\ \text{-----} \\ \text{-----} \end{array} \right]$$

$$i \quad i \quad i - 1 \quad 4$$

- PROMEDIO MOVIL EXPONENCIAL ALFA: en este método, se utiliza una ponderación alfa que es un valor comprendido entre 0 y 1; la fórmula que se utiliza es la siguiente;

$$Pro_i = Pro_{i-1} + (alfa * (dato_{i-1} - pro_{i-1}))$$

- PROMEDIO MOVIL EXPONENCIAL BETA: en este método se utiliza una ponderación beta que es un valor comprendido entre 0 y 1, la fórmula que se utiliza es al siguiente;

$$Pro_i = Pro_{i-1} + (((1-\beta) / \beta) * (tendencia_{i-1}))$$

Donde el pronóstico del mes actual es igual al anterior más el valor del dato beta que es una constante multiplicado por la tendencia anterior, por lo que el concepto más sencillo de la tendencia no es más que la diferencia de datos reales del producto; en un periodo de tiempo, sin embargo, existe otra forma técnica de calcular la tendencia:

$$T = (Beta * (Dato1 - Dato2)) + ((1 - \beta) * T \text{ básica})$$

Primero se calcula la tendencia básica, que es la diferencia de datos de producción anteriores a los que se están trabajando, por lo que el pronóstico anterior al mes de diciembre será el promedio de los últimos cuatro datos; se hicieron varias pruebas con diferentes valores de beta, y el menor error acumulado que presentó es de 0.99.

Tabla XI Resultados de las familias estables

ULTIMO PERIODO					
Núm.	Mes	Producción	Pronóstico	Error	Error acum.
44	Agost.	780			
45	Sept.	800	780	20	20
46	Oct.	730	800	-70	90
47	Nov.	1150	730	420	510
48	Dic.	1125	1150	-25	535

PROMEDIO ARITMETICO					
Núm.	Mes	Producción	Pronóstico	Error	Error acum.
45	Sept.	800	912	-112	112
46	Oct.	730	900	-170	282
47	Nov.	1150	883	267	549
48	Dic.	1125	907	218	767

PROMEDIO MOVIL					
Núm.	Mes	Producción	Pronóstico	Error	Error acum.
45	Sept.	800	890	-90	90
46	Oct.	730	900	-170	260
47	Nov.	1150	886	264	524
48	Dic.	1125	916	209	733

PROMEDIO MOVIL PONDERADO					
Núm.	Mes	Producción	Pronóstico	Error	Error acum.
45	Sept.	800	937	-137	137
46	Oct.	730	876	-146	283
47	Nov.	1150	1100	50	333
48	Dic.	1125	1025	100	433

PROMEDIO MOVIL EXPONENCIAL ALFA					
Núm.	Mes	Producción	Pronóstico	Error	Error acum.
44	Agost.	780	850	-70	70
45	Sept.	800	930	-130	200
46	Oct.	730	860	-130	330

47	Nov.	1150	990	160	490
48	Dic.	1125	900	225	715

PROMEDIO MOVIL EXPONENCIAL BETA

Núm.	Mes	Producción	Pronóstico	Error	Error acum.
44	Agost.	780	860	-80	80
45	Sept.	800	950	-150	230
46	Oct.	730	890	-160	390
47	Nov.	1150	900	250	540
48	Dic.	1125	950	175	715

3.2.1.2. Familias ascendentes o descendentes

Este tipo de familias de curvas se diferencia de la anterior por no tener estabilidad en las ventas, de periodo en periodo, tiene un comportamiento de crecimiento ascendentes o descendentes y el cálculo matemático es un poco más generoso que el tratamiento de las familias estables. Las herramientas que se utilizan en estos modelos son los métodos estadísticos de regresión, cuya fórmula básica es:

$$Y = A \pm (B * X)$$

Donde:

Y : dato del pronóstico por calcular

A : es el valor del eje "Y" cuando el valor del eje "X" es igual a cero

B : la pendiente de la curva.

X : periodo de tiempo que se quiere saber su proyección

N : número total de datos

Las ejecuciones normales de esta fórmula son las siguientes:

$$A = \frac{[\sum Y * \sum X^2] - [\sum X * \sum (X * Y)]}{[N * \sum X^2] - [\sum X]^2}$$

$$B = \frac{[\sum Y * \sum X] - [N * \sum (X * Y)]}{[N * \sum X^2] - [\sum X]^2}$$

Para encontrar una línea recta en el espacio solo se necesita conocer dos puntos cualquiera de la ecuación general de la recta, y estos dos puntos pueden ser el intercepto y la pendiente; todas las demás curvas de regresión se calculan a partir de las ecuaciones normales de la línea recta, pues el procedimiento consiste en equiparar en forma lineal. Las otras curvas son de tipo exponencial, por lo que hay que aplicar la ley de logaritmos.

Para convertir esta ecuación exponencial a una ecuación lineal, únicamente se deben copiar los términos de las ecuaciones normales de cada curva.

El rango del coeficiente de correlación es (-1,r) U (r, 1), si las dos variables tienen una relación lineal perfecta, y cada una aumenta en forma proporcional respecto de la otra, tendría un coeficiente de correlación igual a 1, en tal caso se le llama correlación directa.

Si su relación lineal es perfecta de modo que cuando una aumenta la otra disminuye en proporción, tendrían un coeficiente de correlación igual a -1, en tal caso se le llama correlación inversa.

El valor 0 significa que no existe correlación entre las variables X y Y, o bien que la correlación es nula

Tabla XII Resultados de familias ascendentes

METODO DE LA LINEA RECTA						
Núm.	Mes	Producción	Pronóstico	Error	Error acum.	Formula
44	Agost.	780				$Y = A + B * X$
45	Sept.	800	821	-21	21	Valor de A : 131.6
46	Oct.	730	837	-107	128	Valor de B : 15.3
47	Nov.	1150	852	298	426	Coefficiente de
48	Dic.	1125	867	258	684	correlacion : 0.78

METODO LOGARITMICO						
Núm.	Mes	Producción	Pronóstico	Error	Error acum.	Formula
45	Sept.	800	674	126	126	$Y = A + B * \ln(X)$
46	Oct.	730	679	51	177	Valor de A : 110.8
47	Nov.	1150	683	467	644	Valor de B : 206.3
48	Dic.	1125	687	438	1082	Coefficiente de correlación : 0.72

METODO GEOMÉTRICO						
Núm.	Mes	Producción	Pronóstico	Error	Error acum.	Formula
45	Sept.	800	680	120	120	$Y = A * (X)^B$
46	Oct.	730	689	41	161	Valor de A : 74.7
47	Nov.	1150	697	453	624	Valor de B : 0.05
48	Dic.	1125	706	419	1033	Coefficiente de correlación : 0.68

METODO EXPONENCIAL I						
Núm.	Mes	Producción	Pronóstico	Error	Error acum.	Formula
45	Sept.	800	963	-163	163	$Y = A * \exp(B * X)$
46	Oct.	730	1002	-272	435	Valor de A : 158
47	Nov.	1150	1043	107	542	Valor de B : 0.000002
48	Dic.	1125	1086	39	581	Coefficiente de correlación : 0.69

METODO EXPONENCIAL II						
Núm.	Mes	Producción	Pronóstico	Error	Error acum.	Formula
44	Agost.	780	923	-143	143	$Y = A * B ^ (X)$
45	Sept.	800	960	-160	203	Valor de A : 158
46	Oct.	730	998	-268	471	Valor de B : 0.001
47	Nov.	1150	1038	112	583	Coefficiente de
48	Dic.	1125	1000	125	708	correlación : 0.70

METODO LOGARITMICO INVERSO						
Núm.	Mes	Producción	Pronóstico	Error	Error acum.	Formula
44	Agost.	780	522	258	258	$Y = \exp (A + (B/X))$
45	Sept.	800	529	271	529	Valor de A : 0.0851
46	Oct.	730	521	209	738	Valor de B : 0.0241
47	Nov.	1150	521	629	1367	Coefficiente de
48	Dic.	1125	526	599	1966	correlación : -0.54

3.2.1.3. Familias de curvas cíclicas

Estas familias de curvas son todas aquellas que siguen un patrón de comportamiento un tanto diferente al comportamiento de las curvas ascendentes, y del comportamiento de las familias estables, pues este tipo de curvas regularmente tiene un comportamiento de tipo cíclico, por lo tanto de relación horizontal, o sea la relación que guardan los datos de producción; son por ejemplo de febrero de un año al febrero del otro año, pues ya no interesa tanto que pasó en enero para analizar febrero, pues este tipo de relación es vertical, y es muy útil para las familias estables o ascendentes, pero no para las familias con un comportamiento estacional o cíclico. Para calcular un pronóstico bajo el método cíclico, se usa la siguiente fórmula:

$$P = Y * I$$

Donde el pronóstico (P) es igual a multiplicar el penúltimo juego de datos del periodo en análisis, por el índice (I) estacional del periodo. El índice

estacional es igual al promedio horizontal del periodo, dividido entre el promedio vertical del juego completo de datos.

Para poder trabajar un juego de datos con el método cíclico, se necesita tener como mínimo tres juegos completos de datos de ventas, la razón de esto, es por el cálculo de la estacionalidad, por la cual se necesita tener completo el periodo que se analizará, de lo contrario sería imposible encontrar la estacionalidad del juego de datos.

El promedio horizontal se calcula de los datos horizontales de los periodos, exceptuando el dato del último periodo.

Así se obtiene:

Promedio horizontal del mes de diciembre:

$$Ph(\text{dic}) = (930 + 1100 + 1000) / 3 = 1010$$

Promedio vertical:

El promedio vertical se calcula de los datos de los periodos, exceptuando los datos del último periodo:

$$\text{El promedio vertical} = 930$$

Indice estacional del mes de diciembre:

$$\text{Ind (dic)} = 1010 / 930 = 1.08$$

Pronóstico del mes de diciembre:

$$\text{Pron dic} = 1125 * 1.08 = 1215$$

Tabla XIII Método cíclico

Último año de producción	Promedio Horizontal	Índice estacional	Pronóstico de producción	Error	Error Acumulado
800	770	0.82	656	144	144
730	783	0.84	613	117	261
1150	971	0.84	966	184	445
1125	1010	1.08	1215	90	535

3.2.1.4. Familias de curvas combinadas

Las curvas que tienen cierto tipo de ciclo en el tiempo, pero también tienen cierto crecimiento, las podemos calificar como curvas de tipo combinado. El procedimiento matemático que se utiliza es similar al método combinado, el único cambio que se tiene es que el modelo combinado se debe transformar primero a un modelo cíclico lineal y luego trabajarlo como un modelo cíclico, para después encontrar los pronósticos, con la fórmula general para métodos combinados; resumiendo el procedimiento tenemos:

- Hacer una nueva tabla con datos transformados
- Encontrar los índices estacionarios

- Encontrar los pronósticos

En el método matemático tenemos las siguientes fórmulas:

$$P = (\text{Pr. Vertical} * \text{índice}) + (B * \text{periodo})$$

Donde:

P : pronóstico

Pr. Vertical : promedio vertical de los datos originales con que se cuenta

B : pendiente que tienen los datos originales

Periodo : es el número del mes que se está analizando

La fórmula para transformar los datos originales a datos transformados es la siguiente:

$$\text{Datos nuevos} = \text{datos originales} - (B * \text{período})$$

Lo primero que se debe hacer es transformar los valores originales a una tendencia mensual; para hacer esto se debe calcular la mejor tendencia utilizando los métodos de regresión como se hizo en la familia con crecimiento ascendente o descendente. Aquel método que tenga el factor de correlación más cercano a uno, es el método que vamos a elegir para calcular la tendencia (B), esta tendencia es la que se debe utilizar para transformar los datos originales a una nueva tabla con ciclaje lineal.

De los métodos de las familias ascendente o descendentes el que tiene el valor de correlación más cercano a uno es el método de la línea recta con un valor igual a $r = 0.78$; y este a su vez tiene un valor de la pendiente igual a $B = 153.38$; de este modo obtenemos los datos transformados.

De donde:

$$\text{Dato nuevo enero } 00 = 920 - (153.38 * 1)$$

$$\text{Dato nuevo enero } 00 = 766$$

$$\text{Dato nuevo febrero } 00 = 900 - (153.38 * 2)$$

$$\text{Dato nuevo febrero } 00 = 593$$

El cálculo de los nuevos datos transformados para calcular la producción debe hacerse en la forma anterior para todos los meses bajo estudio, la única diferencia es que se debe ir agregando una unidad más al multiplicador del dato B.

Tabla XIV Datos transformados

MES	Xi	(U)	Xi	(U)	Xi	(U)	Xi	(U)
Enero	1	766.62	13	966.62	25	946.62	37	996.62
Febrero	2	593.24	14	893.24	26	818.24	38	693.24
Marzo	3	369.86	15	339.86	27	319.86	39	239.86
Abril	4	266.48	16	256.48	28	276.48	40	136.48
Mayo	5	108.1	17	93.1	29	213.1	41	33.1
Junio	6	-0.28	18	79.72	30	204.72	42	79.72
Julio	7	-147.66	19	51.34	31	51.34	43	46.34

Agosto	8	-327.04	20	-327.04	32	-477.04	44	-447.04
Septiembre	9	-570.42	21	-580.42	33	-680.42	45	-580.42
Octubre	10	-733.8	22	-683.8	34	-833.8	46	-803.8
Noviembre	11	-797.18	23	-562.18	35	-787.18	47	-537.18
Diciembre	12	-910.56	24	-740.56	36	-840.56	48	-715.56

En la conversión de los datos originales a datos transformados podemos observar que se obtuvieron valores negativos; esto quiere decir que este método no puede utilizarse ya que no existen producciones negativas.

3.2.2. Selección del mejor método

Para seleccionar la familia para la elaboración del pronóstico adecuado para la serie de datos que se está analizando, se comparan los errores acumulados de cada método de cada familia respectivamente y posteriormente se compara el método de cada familia con las demás familias; y el que dé menor error acumulado será la familia para pronosticar.

Tabla XV Selección de familias estables

MÉTODO	ERROR ACUM.
Último periodo	535
Promedio aritmético	767
Promedio móvil	733
Promedio móvil ponderado	433
Promedio exponencial alfa	715
Promedio exponencial beta	715

Como se puede apreciar, el método que menor error acumulado presenta es el Promedio móvil ponderado.

Tabla XVI Selección de familias ascendentes o decentes

MÉTODO	ERROR ACUM.
Línea recta	684
Logarítmico	1082
Geométrico	1033
Exponencial	581
Semilogarítmico exponencial	708
Logarítmico inverso	1966

Como se puede apreciar, el método que menor error acumulado presenta es el de “ Exponencial “.

Tabla XVII Selección de la mejor familia

FAMILIA	METODO	ERROR ACUM.
Estables	Promedio móvil ponderado	433
Ascendentes	Exponencial	581
Cíclicas	Cíclicas	535
Combinadas	Combinadas	-----

Como se puede apreciar, la familia que tiene el método con menor error acumulado es la familia estable con el método de promedio móvil ponderado, este resultado solo es la corroboración del análisis de la tendencia de la demanda, por lo tanto, se puede reafirmar que la tendencia de la demanda es tipo estable.

3.2.3. Elaboración del pronóstico de producción

De acuerdo con el método del promedio móvil ponderado, se presenta el siguiente pronóstico de producción de lentes para el año del 2004. Para la familia de pronósticos estables es necesario utilizar el método de franja simulada y obtener los pronósticos del año siguiente, porque el método de promedio móvil ponderado solo nos permite obtener el pronóstico del siguiente periodo.

Para el método de la franja simulada se necesitan las ponderaciones del método promedio móvil ponderado que son (0.05, 1, 1.2, 1.75) y el valor de α del método promedio móvil exponencial el cual tiene el valor de 0.01.

El pronóstico para el mes de enero del 2004 es:

$$P49 = \frac{(800 * 1.75) + (730 * 1.2) + (1150 * 1) + (1125 * 0.05)}{4}$$

$$P49 = 87$$

Entonces si ya conocemos el factor alfa ($\alpha = 1$), podemos ahora trabajar la tendencia, para pronosticar.

$$T = \left| \alpha * (\text{dato ultimo} - \text{dato penúltimo}) + (1 + \alpha) * T \text{ anterior} \right|$$

Donde:

T : el valor absoluto de la tendencia

α : factor alfa del método promedio móvil exponencial

Dato último: dato de producción último

Dato penúltimo: dato de producción penúltimo

T anterior: tendencia anterior que es el dato penúltimo menos el antepenúltimo de los datos de producción analizados.

Por lo que:

$$T \text{ anterior} = 1150 - 730 = 420$$

$$T = \left| 0.75 * (1125 - 1150) + (1 - 0.75) * 420 \right|$$

$$T = 86.25 \approx 86$$

Ahora, para calcular los demás pronósticos, a este pronóstico se le deben sumar tantas tendencias como meses queramos conocer.

$$\text{Pronóstico 1} = \text{Pronóstico 49}$$

$$\text{Pronóstico 2} = \text{Pronóstico 49} + T$$

$$\text{Pronóstico 3} = \text{Pronóstico 49} + 2T$$

Entonces, el pronóstico para el año 2004 queda integrado de la manera como se muestra en la tabla:

Tabla XVIII Pronóstico de producción para año 2004

MES	PRONÓSTICO
Enero	870
Febrero	956
Marzo	1042
Abril	1128
Mayo	1214
Junio	1300
Julio	1386
Agosto	1472
Septiembre	1558
Octubre	1644
Noviembre	1730
Diciembre	1816

4. IMPLEMENTACION DEL PLAN DE PRODUCCION

4.1 Producción intermitente

La empresa tiene un tipo de producción de flujo intermitente; este tipo de producción se da cuando la producción se basa en las especificaciones del cliente, lo que conduce a trabajar una gran variedad de productos, por supuesto de uno en uno o uno a la vez, conociendo así la cantidad a producir por orden del cliente.

Se puede decir que si los pedidos llegan en forma constante, este producto pasa a ser de producción continua; si el producto se solicita en diferentes épocas se convierte en producción mixta y también podría solicitarse una sola vez, por lo que pasa a ser intermitente la producción de lentes.

Es importante hacer notar que las industrias de este tipo no tienen la carga de trabajo balanceada, ya que cada pedido es diferente y el ordenamiento se va ajustando a lo largo de los variados procesos, lo que hace esencial el ordenamiento de tal manera que la circulación entre los puestos sea lo más eficiente posible para que no haya una acumulación de trabajo que haga incrementar los costos.

4.2. Planificación

Se procede en esta sección a planificar la producción, a fin de elaborar un plan de producción que sea capaz de cumplir con la demanda de producto que tiene la fábrica, de acuerdo con su capacidad de producción y a la

disponibilidad de tiempo, mano de obra y materiales, con esto se persigue aprovechar mejor el tiempo y reducir costos y desperdicios.

En este punto se debe tomar en cuenta que para que exista una buena programación de la producción, los ofrecimientos de fecha de entrega no las puede hacer el vendedor sin antes consultar al departamento de producción o al encargado de la planificación.

Algunos aspectos básicos que deben de tomarse en cuenta para la planificación son:

- Cálculo de requerimientos
- Plan de trabajo o de producción por pedido
- Diagramación de actividades
- Lanzamiento ordenado del trabajo

CALCULO DE REQUERIMIENTOS: se refiere a la transformación de los pedidos o las ventas, en el material a utilizar para satisfacer la producción de cada uno de los artículos este calculo también se extiende a la determinación del tiempo que se necesitará para la producción del nuevo pedido en cada uno de los puestos de trabajo.

PLAN DE TRABAJO: consiste en asignar tiempos a cada una de las actividades que se necesita desarrollar para la elaboración de un pedido, buscando la mejor eficiencia en función de la secuencia que requiere la producción de un artículo.

DIAGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES: el encargado de la planificación sabe que la programación cronológica de las actividades dentro de la producción intermitente es extremadamente compleja; es por eso que se trata de dar un seguimiento de las órdenes, máquinas y hombres de tal manera que lo que puede parecer difícil no lo sea; he aquí el porqué se sugiere el uso de un diagrama como ayuda de visualización cronológica.

Con esto se tiene que la diagramación nos representará el programa básico o ubicación de pedidos establecidos, dando la oportunidad de acomodar pedidos nuevos o algunos de tipo urgente, con lo cual el programa se transforma teniendo acomodados o corrimientos entre las actividades y generando una programación.

LANZAMIENTO ORDENADO DEL TRABAJO: son las llamadas comúnmente “órdenes de trabajo” las cuales simplemente se refieren a fichas que servirán para saber de los trabajos planificados, en ejecución y realizados, estas órdenes están destinadas a indicar a cada uno de los departamentos (puestos) de la fábrica;

- Que producto
- en qué cantidad
- en qué momento
- y cuál es su destino.

4.2.1. Elaboración del plan de producción

Se harán los cálculos para obtener los requerimiento de la producción de unidades estándar de lentes sobre el cual se hicieron los estudios de pronósticos y capacidad de producción de la fábrica, considerando un periodo de dos meses.

Se define la cantidad de producto que se va a elaborar, de la demanda estimada en el capítulo anterior, del cual tenemos:

Tabla XIX Pronóstico de producción por unidad estándar

MES	PRONÓSTICO
Enero	870
Febrero	956
Marzo	1042
Abril	1128
Mayo	1214
Junio	1300
Julio	1386
Agosto	1472
Septiembre	1558
Octubre	1644
Noviembre	1730
Diciembre	1816

Se debe planificar en dimensionales comunes, lo cual significa que las cantidades deben reducirse a unidades de tiempo, el cual será la media que se debe considerar para elaborar el plan de producción.

4.2.1.1. Tiempo requerido de producción

En el capítulo dos se calculó que en un día de producción o sea ocho horas diarias, se fabrican 45 gafas o lentes estándar, entonces tenemos, por regla de tres los siguientes datos:

$$\begin{array}{l} 8 \text{ hr} \longrightarrow 45 \text{ gafas} \\ 1 \text{ hr} \longrightarrow x \text{ unidades estándar} \end{array}$$

De donde:

$$X = 5.6 \text{ aprox} = 6 \text{ gafas por hora}$$

Si se dividen las unidades estándar estimadas para cada mes entre la x encontrada nos da el tiempo requerido por cada mes de producción, como se ilustra en la tabla siguiente:

Tabla XX Horas requeridas de producción

MES	TIEMPO REQUERIDO (Hrs)	PRONÓSTICO (u)
Enero	145	870
Febrero	160	956
Marzo	174	1042
Abril	188	1128
Mayo	202	1214
Junio	217	1300
Julio	231	1386
Agosto	246	1472
Septiembre	260	1558
Octubre	274	1644
Noviembre	288	1730
Diciembre	303	1816

Como puede apreciarse, en la tabla anterior, aparecen las horas de producción necesarias para elaborar las unidades demandadas para cada mes. Por ejemplo en el mes de diciembre del año 2004, para elaborar 1816 unidades estándar de lentes, se necesitan 303 horas de trabajo.

4.2.1.2. Tiempo disponible de producción

Para determinar el tiempo disponible para cada mes se debe considerar que la jornada de trabajo es diurna, por lo tanto se trabajan ocho horas diarias de lunes a viernes, y cuatro horas el sábado, también se deben tomar en cuenta los feriados oficiales, comprendidos en el periodo en estudio.

Tabla XXI Tiempo disponible en días y horas

MES	LUNES A VIERNES (días)	Hrs.	SABADOS (días)	Hrs.	Total Hrs. Disponibles
Enero	21	168	5	20	188
Febrero	20	160	4	16	176
Marzo	23	184	4	16	200
Abril	17	136	3	12	148
Mayo	21	168	4	16	184
Junio	21	168	4	16	184
Julio	22	176	5	20	196
Agosto	22	176	4	16	192
Septiembre	21	168	4	16	184
Octubre	20	160	5	20	180
Noviembre	21	168	4	16	184
Diciembre	21	168	3	12	180
TOTAL	250	2000	49	196	2196

Como puede verse en la tabla anterior, se encuentran los días hábiles disponibles de cada mes y su equivalente a horas totales disponibles. Así por ejemplo en enero hay:

Lunes a viernes : 21 días * 8 horas c/día = 168 horas

Sábados : 5 días * 4 horas c/día = 20 horas

Total de horas disponibles en enero = 188 horas

4.2.2 El plan de producción

Si hacemos la comparación entre el tiempo disponible y el tiempo requerido para la producción, obtenemos una nueva tabla donde apreciamos que se cuenta con un tiempo disponible sobrante en horas del total.

Tabla XXII Tiempos disponibles y requeridos

MES	Tpo. DISPONIBLE	Tpo. REQUERIDO	DIFERENCIA (Hrs.)
Enero	188	145	43
Febrero	176	160	16
Marzo	200	174	26
Abril	148	188	-40
Mayo	184	202	-18
Junio	184	217	-33
Julio	196	231	-35
Agosto	192	246	-54
Septiembre	184	260	-76
Octubre	180	274	-94
Noviembre	184	288	-104
Diciembre	180	303	-123

4.2.2.1. Diagrama de Gantt

El diagrama o gráfica de Gantt es un informe visual de planeación y avance, identifica las diversas etapas de trabajo que deben realizarse para concluir un proyecto, fija una fecha límite para cada etapa y documenta los logros alcanzados.

4.3. Programación de producción

Después de haber calculado la cantidad de producto que se va a fabricar y el tiempo necesario para producirlo, corresponde ahora en este punto, tratar de la programación, en la cual se da un procedimiento más detallado que definirá como y con qué se habrá de ejecutar la producción previamente definida.

4.3.1. Calendario de producción

En la elaboración de este calendario se ha considerado siempre el periodo de doce meses para el cual se hizo la planificación, en los incisos anteriores, además se toman en cuenta los siguientes aspectos:

- Actividades de producción: se asignarán los días necesarios de cada mes para producir los diferentes tipos de lentes, según el tiempo requerido y el costo de la materia prima.
- Actividades de mantenimiento de equipo: diariamente se limpian y revisan las máquinas después de la jornada de trabajo, pero se asignará un sábado de cada mes para actividades más completas de mantenimiento, tanto preventivo como lubricación, limpieza, revisiones, o como correctivo al desarmar, hacer ajustes y corrección de fallas.

Para desarrollar el calendario de producción se asignó el tiempo de producción requerido de acuerdo con lo calculado en cada mes, tomando como referencia el costo más bajo del policarbonato y la disponibilidad del mismo en el mercado.

Para realizar el calendario de producción se utilizó un método de asignación, el cual consiste en asignar periodos de tiempo a los costos mínimos cuando se encuentran periodos de tiempo de costo mínimo para el policarbonato; se toma el producto que posee menor diferencia entre los costos de la materia prima, esto quiere decir que se resta el costo mínimo con el inmediato superior y además se toma en cuenta el porcentaje de producción necesaria.

4.3.2. Materiales requeridos

Se hará un calculo de la cantidad de materia prima necesaria para poder fabricar el número de unidades estándar que se ha planificado para cada mes, se describirá la cantidad necesaria para elaborar cada diferente tipo de lentes, para la producción de un día, es decir, para 45 unidades estándar se necesitan;

Al hacer la conversión para la producción total de unidades estándar de cada tipo de lentes, tenemos por ejemplo, que para producir 45 unidades de lentes, se necesitan 25 lb, entonces para producir durante el mes completo de enero son;

45 unidades \longrightarrow 25 lb de policarbonato

870 unidades \longrightarrow x

Donde:

$$X = 484 \text{ lbs.}$$

De igual manera, se obtiene para los demás elementos de fabricación, todos calculados en la siguiente tabla, donde se presenta los aros requeridos así como la cantidad de aditivo necesario que según la fórmula es un 10% del policarbonato.

Tabla XXIII Materia prima requerida

MES	Aditivos (lbs.)	Policarbonato (lbs.)	bases
Enero	48	483	870
Febrero	53	531	956
Marzo	57	578	1042
Abril	62	626	1128
Mayo	67	674	1214
Junio	72	722	1300
Julio	77	770	1386
Agosto	81	817	1472
Septiembre	86	865	1558
Octubre	91	913	1644
Noviembre	96	961	1730
Diciembre	100	1008	1816

4.3.3. Mano de obra requerida

Para cumplir con los requerimientos del volumen de producción y de acuerdo con las posibilidades de la fábrica, se necesitan las siguientes personas:

- 2 personas para máquinas cilíndricas

- 11 personas para producción, distribuidos en las diferentes estaciones
- 3 personas para mensajería
- 2 personas para bodega
- 5 personas para recepcionistas
- 1 gerente de producción
- 1 gerente general
- 1 gerente de control de calidad

Estos hacen un total exacto y óptimo de trabajadores que permiten el funcionamiento de la fábrica; las funciones de cada empleado ya han sido descritas con anterioridad.

5. SEGUIMIENTO PARA UNA MEJORA CONTINUA

5.1. Puntos críticos de control

Para poder aplicar una mejora continua del sistema de control de la producción, primero se definen los posibles puntos críticos del proceso por medio de una lluvia de ideas entre los elementos que lleven el control de la producción del producto, que para nuestro caso son el Ingeniero de producción y el Jefe del departamento de producción del laboratorio óptico, para luego seleccionar una cantidad de puntos críticos representativos por medio de un análisis de Pareto para establecer los puntos críticos con mayor incidencia y que reflejen realmente los problemas detectados.

Una vez establecidos los puntos críticos, estos se tratan como variables, las cuales se monitorearán día a día durante el turno respectivo por medio de la recolección de datos de cada variable, estableciendo los rangos y límites por medio de herramientas estadísticas y registrando todos los datos obtenidos en un archivo específico para el análisis, graficación e interpretación de los mismos para que cuando el método tenga un corto plazo de ejecución se notará una mejora significativa del nivel de calidad influenciado por el establecimiento de la metodología y selección de herramientas estadísticas que apoyen y optimicen la labor de control.

Los puntos críticos o las variables seleccionadas gracias al análisis de Pareto, o sea una selección por su mayor incidencia durante el proceso de fabricación de lentes y para efectuar la implementación de la mejora continua del sistema de control de la producción son:

- Resistencia de las lentes

Esta variable se medirá por turno y de acuerdo con la definición de la prueba, según estudio de mercadeo realizado con anterioridad por el respectivo departamento y según registros obtenidos, se indicó que la resistencia debe oscilar entre un rango de 8 a 10 libras al calibrar la máquina de prueba.

- Protección ultravioleta

Esta variable se medirá por turno y de acuerdo con la definición de la prueba, según estudio de mercadeo realizado con anterioridad por el respectivo departamento y según registros obtenidos se indicó que los lentes deben bloquear hasta el 100% de las radiaciones UVA y el 99.8% de las radiaciones UVB, convirtiéndolos en la elección ideal para la protección de los usuarios que pasan mucho tiempo al aire libre, por lo que se deberá calibrar la máquina de reflectancia para alcanzar el rango predeterminado.

- Tiempo de vida de la graduación del lente

Esta variable se medirá por turno y de acuerdo con la definición de la prueba, según estudio de laboratorio realizado con anterioridad por el respectivo departamento y según registros obtenidos, se indicó que el tiempo de vida debe oscilar entre un rango de 300 a 365 días para su calibración.

Estas tres variables son de suma importancia para brindar un producto de calidad eficiente y eficaz a los clientes finales, por lo que se controlarán

estadísticamente para lograr una producción estable y para producir un producto de competitividad internacional.

Antes de emprender con el programa de mejora se les explicó a los Aseguradores de Calidad, Analistas de Laboratorio y al Jefe de Calidad que iban a estar bajo control estadístico estos puntos críticos o variables y se les capacitó sobre los parámetros que deberían cumplir al revisar el producto en su fabricación.

Asimismo se les brindó un curso rápido de concientización de las Normas internacionales ISO 9000 y de empatía para lograr un mismo nivel de conocimiento y de conciencia en todos los empleados que intervienen en el desarrollo de este proyecto, teniendo la participación de profesionales en el ramo para no caer en improvisaciones por parte del Jefe del departamento y para lograr el cometido del mismo; el tiempo invertido para estos cursos fue prácticamente compensado por los logros a obtener y se impartió en dos días en su horario de trabajo en grupos designados por el jefe del departamento de producción.

5.1.1. Evaluación de pedidos

Por medio del diagrama de Gantt con los diferentes pedidos distribuidos en el tiempo, todo ello para estimarlo en forma calendarizada y llevar control para el lanzamiento ordenado de los diferentes puestos de trabajo; se hace alusión en esta parte de los trabajos pendientes de entrega, lo que significa ver de mejor manera la disponibilidad del tiempo para el cumplimiento de los nuevos pedidos; para una definición de la interpretación del diagrama se observará que:

- lo sombreado en negrilla como el trabajo pendiente de concluir
- los diferentes ashurados representa los pedidos más recientes
- los espacios en blanco significan las holguras o tiempo disponible para cualquier trabajo imprevisto.

Cuando se tenga que agregar un pedido a la programación ya preestablecida en el diagrama de Gantt, se deben seguir las siguientes normas:

- Se hace el plan de trabajo para este pedido, donde ya aparece calculado el requerimiento.
- Al momento que entra este pedido, se está produciendo algún otro; entonces se debe observar cuanta holgura se tiene en los diferentes puestos de trabajo. Si se tiene disponibilidad, es allí donde se ubica el producto; dando marcha atrás con los tiempos que se requieren en cada puesto, según el plan de trabajo para el producto que se debe hacer.
- Donde hubiera traslape de actividad en un puesto para dos productos se pueden hacer las consideraciones siguientes: si el tiempo es poco en este traslape, pagar horas extras. Si el tiempo es grande en este traslape y se puede habilitar una estación de trabajo se deben considerar dos turnos; en otro caso hacer dos jornadas en este puesto.

- Se procede a colocarlo en el programa básico, quedando entonces el diagrama como uno nuevo.

Todo lo anterior se puede llevar a cabo si los lugares de trabajo quedan donde mismo y los únicos que se mueven de un puesto a otro son las personas que laboran en dichos lugares; por otro lado, estas personas tienen que saber desempeñar el trabajo de los puestos que se les asigne, o sea que no serán especialistas de un solo puesto.

5.1.2. Predicción del consumo

El gerente de producción tiene la importante tarea de convertir la demanda independiente del producto que vienen de afuera de la empresa, en demanda dependiente para los materiales y componentes necesarios para la fabricación de ese producto, es por ello que debe tomar la estrategia de planear el requerimiento de materiales de acuerdo con la lista de los mismos, generada por un pedido o pronóstico, luego multiplica esta lista por la cantidad total de demanda real o estimada, obteniendo así el requerimiento total de materiales y le resta comparar estas necesidades contra las existencias de inventario actual de materia prima en proceso y producto terminado.

La predicción del consumo de materia prima los materiales es una consecuencia que se debe dar de la buena planificación de trabajo de la producción, como se mencionó en la etapa del cálculo de requerimientos, donde se dice que es la transformación de los pedidos o las ventas, en el material a utilizar para satisfacer la producción de cada uno de los artículos.

En el inventario de materiales o también llamado manejo y explosión de materiales se deben involucrar algunos términos que son muy usuales y que sirven para describir las partes principales en el mismo, de estos se da un ligero concepto a continuación:

- Existencia inicial
- Cobertura
- Nivel de reorden
- Stock mínimo
- Cantidad óptima del pedido
- Planificado
- Política de reorden
- Política de stock mínimo

EXISTENCIA INICIAL: es la cantidad de materia prima que hay al inicio de un periodo determinado, sirve de punto de arranque para la realización de todos los subsiguientes cálculos.

COBERTURA: llamada también línea teórica de consumo, es la que da una idea del consumo programado de la materia prima que se puede movilizar en el tiempo hasta que la existencia llegue a ser cero, su fórmula se presenta así:

$$L.T.C. = (\text{existencia} * \# \text{ de periodos}) / \text{planificado}$$

NIVEL DE REORDEN: es la cantidad en existencia de materia prima que da la pauta para que se haga la requisición u orden de compra, o sea que esto se patentiza cuando la tarjeta de kardex para un determinada materia ha

llegado a una cantidad en existencia que prácticamente sugiere u ordena se realice el nuevo pedido; esta cantidad se determina así:

$$N.R. = (\text{Planificado} * \text{política de reorden}) / \# \text{ de periodos}$$

STOCK MINIMO: se puede decir que es la cantidad mínima que se debe tener de materia prima en existencia, en el momento que se espera llegue la nueva cantidad pedida cuando se tenía el respectivo nivel de reorden. El stock mínimo está garantizando que se tendrá en existencia una cantidad, que en la producción será de seguridad para completar lo que hiciera falta al momento de que no llegue el pedido cuando se espera, se calcula de la siguiente manera:

$$S. \text{ mín.} = (\text{Planificado} * \text{política stock mínimo}) / \# \text{ de pedidos}$$

CANTIDAD OPTIMA DEL PEDIDO: es la cantidad que se necesita exactamente para garantizar la producción en un tiempo estimado; se refiere a la cantidad que se debe tener al inicio de cada ciclo, la cual se calcula así:

$$Q = N. R. \text{ Real} + 2.5S_{\text{min.}} + K$$

$$N. R. \text{ Real} = NR + S_{\text{min}}$$

$$K = N.R.\text{real} - \text{Existencia}$$

PLANIFICADO: es la cantidad total de cada materia prima que se ha estimado y que se necesitará en un ciclo determinado, cualquiera que sea su tamaño, se basa precisamente en la planificación hecha de los diferentes periodos que se contemplaron en pronósticos.

POLÍTICA DE REORDEN: se llama así al tiempo promedio que resulta de la duración de los pedidos hechos anteriormente, tal duración se considera desde la hecha de la requisición o pedido hasta la llegada de la materia prima.

$$Pr = \Sigma \text{ de tiempos por pedido} / \# \text{ de pedidos}$$

POLÍTICA DE STOCK MINIMO: se le llama así a la diferencia que pueda haber entre la duración más grande en la entrega de un pedido y la política de reorden y se calcula así:

$$Psm = \text{tiempo máximo} - Pr$$

Del diagrama de Gantt óptimo se puede extraer el ordenamiento de las actividades que se desarrollarán para el cumplimiento de cada periodo teniendo entonces una secuencia cronológica, dando por origen la emisión de órdenes de fabricación en donde se deberá apuntar el material que se consumirá, por lo que debe ir cronológicamente amarrado desde la emisión del pedido de consumo de materiales en los formatos que se presentarán a continuación.

5.1.2.1. Reportes de producción

A pesar de que cuando el proceso de producción de lentes en general muestre consistencia y poca variabilidad, se deben tomar los reportes de producción como soporte de retroalimentación del sistema para un futuro análisis de los datos registrados.

Algunas de las acciones de soporte a tomar en cuenta para reportar a los jefes inmediatos son:

- a. Supervisar en pasillos directamente a los operadores.
- b. Supervisar las condiciones inseguras del método de trabajo.
- c. Producción semanal y proyección.
- d. Minuta quincenal de actividades realizadas.
- e. Capacitar a los operadores.
- f. Los controles estrechos sobre los promedios del proceso en cualquier punto crítico.

Estas acciones de soporte a reportar al igual que las acciones secundarias se seleccionaron luego de realizar una sesión de lluvia de ideas de como mejorar el sistema de control de producción de lentes con los coordinadores de área, así como con el jefe de producción.

Las acciones secundarias a tomar en cuenta son:

- a. La revisión y mantenimiento de la maquinaria y equipo.
- b. La mejora de los métodos de trabajo y la condiciones en las estaciones de trabajo.
- c. La documentación a los operadores con información impresa.

Los reportes de producción se deberán hacer según la estructura definida en el siguiente formato que se presenta a continuación;

Figura 15 Formato de reporte de producción

Empresa: Óptica		Reporte de : _____
Depto.: Producción		Analista: Elmer Cayax
Identificación: información		Area : _____
Fecha: _____	Hoja Núm. : 1 de 1	
Objetivo : _____		

Alcance : _____		

Mejora : _____		

F _____		F _____
Elaboró		Supervisor

5.1.2.2. Registro de materiales utilizados

En el registro de materiales utilizados es necesario ver que la forma que se lleve el control será el éxito del manejo de los materiales; para ello se diseñaron los siguientes formatos para crear un registro de materiales utilizados.

Figura 16 Orden de trabajo

ORDEN DE TRABAJO	
DEPARTAMENTO : _____	GUATEMALA__ DE__
No. DE ORDEN : _____	No. DE PEDIDO _____
CLASE DE TRABAJO _____	CANTIDAD _____
FECHA DE INICIO _____	FECHA FIN _____
HORA : _____	HORA : _____
ORDENADO POR : _____	
OBSERVACIONES : _____	

5.2. Elementos necesarios para el control

Es importante señalar, en esta etapa del estudio de los elementos necesarios para el control, que existen tres elementos indispensables para su implementación, los cuales a continuación se detallan:

5.2.1. Áreas de trabajo

Las variables que afectan directamente al control de la producción o bien a la elaboración de los lentes del departamento de producción, son aquellas en las cuales se ven afectadas en el rendimiento de trabajo. Por lo cual, según el análisis del “Por qué – Por qué” se sugirieron algunas de ellas, pero que para efectos del proyecto se hará una lista de todas las posibles áreas de trabajo, y luego se seleccionaran únicamente tres de ellas para darles seguimiento en un futuro.

Las posibles áreas de trabajo que afectan directamente a la producción son:

- a) Manejo de materiales
- b) Formulación de mezcla
- c) Programación de máquinas
- d) Control de calidad
- e) Empaque
- f) Bodega

Las áreas de trabajo antes mencionadas fueron establecidas por medio de un estudio de causa efecto efectuado con anterioridad al presente proyecto, para lo cual se tomarán como base los resultados esperados y se trabajarán sobre ellas.

5.2.2. Capacitación de la mano de obra

Si se desea integrar a los elementos que intervienen en el sistema de control de la producción, se debe contar con una persona relativamente experta en el manejo para su coordinación y tomar como una herramienta de reducción de resistencia a la implementación del sistema, la capacitación. De no existir en la organización la persona adecuada, se puede capacitar o contratar a alguien.

Adicionalmente, se tendrá que capacitar al personal que ejecutará físicamente el control, ya sea que se utilicen personas específicas para esa función o sean los operadores del proceso quienes lo ejecuten.

En este punto se desea, fuertemente, sugerir que sean los operarios del proceso quienes ejecuten el control; con ello se desea manifestar que la persona que ejecuta el trabajo es responsable, no sólo de cantidad, sino también de la calidad.

Se recomienda que el departamento de recursos humanos elabore un programa de capacitación conjuntamente con el jefe del departamento de producción para conocer las fortalezas y necesidades del personal y lograr el cometido de la capacitación, la capacitación continua al personal será decisiva para lograr un estándar en el conocimiento del personal en general y contar con

la unificación de ideas a la hora de la toma de decisiones de cualquier situación que se presente.

5.2.3. Insumos

Como en toda implementación de cualquier sistema es necesario que haya medios para poder aplicarlo y estos son todos aquellos elementos que se utilizan para el logro del mismo, conocidos como insumos. Dentro de los medios se puede mencionar a los siguientes:

- Equipo

- Registros

Una persona encargada del control debe tener un equipo completo y en buen estado para brindar una buena eficiencia y eficacia de lo contrario, no tendría las herramientas necesarias para brindar el 100% de su capacidad. El equipo principal es el siguiente:

- Computadora. La computadora no importa su velocidad o modelo ya que su función principal es la de una terminal tonta, pero debe contar con todo su hardware completo, que incluiría su monitor, ratón, pantalla, filtro visual, cpu, teclado.

Es muy importante que todos sus accesorios estén habilitados en el sistema, ya que con la falta de alguno de ellos la persona asignada al control se vería privada de brindar sus servicios y se tendría esa estación inhabilitada y nos afectaría en la productividad del departamento.

- Consola de comunicación. La consola de comunicación es aquella que tiene la función de un intercomunicador entre la computadora y el computador central del laboratorio óptico, con esto la persona asignada al control puede identificar cualquier irregularidad al ingresar su código de identificación para conocer quién está operando en esa estación, también para comunicarse con su supervisor de turno sin necesidad de levantarse de su estación.
- Radio auricular. El radio auricular es un receptor de manos libres para darle la oportunidad a la persona asignada al control de utilizar las manos para otras actividades y no estar sosteniendo un dispositivo de comunicación todo el tiempo; el modelo del radio auricular es el 'MA51RU15 ELECTRONIC, que va conectada a la consola de la estación.

Una persona encargada del control debe tener un archivo completo, al igual que una serie de formatos, y por supuesto, en buen estado para brindar una buena eficiencia y eficacia, de lo contrario no tendría las herramientas necesarias para brindar el 100% de su capacidad. Los registros principales y necesarios son los siguientes:

- Fólder de información. El fólder de información lo tiene la persona asignada al control y le sirve para archivar cualquier dato importante que le sea enviado de su supervisor y también para los datos de suma importancia; la persona asignada debe tener siempre consigo este fólder, si no brindará una mala información en sus reportes y por ende la empresa quedaría mal.
- Fólder de reportes. El fólder de reportes, no es más que los formatos establecidos por la empresa para llevar cierto tipo de información; lo debe tener consigo la persona asignada al control siempre, sirve para pasar el informe diario al supervisor.

Si la persona asignada al control no pasa estos reportes diariamente tendrá que ser sancionado por el supervisor por incumplimiento de tareas diarias.

5.3. Ajustes que fueran necesarios aplicar

El tipo de ajuste necesario para aplicar serían en un futuro a corto plazo luego de la implementación del sistema de control de producción, es un análisis de sensibilidad, que es una forma especial de incorporar el factor de riesgo a los resultados pronosticados del proyecto que permite medir cuán sensible es la evaluación realizada, a variaciones de uno o más parámetros decisivos del proyecto, volumen de producción, costo de mano de obra, inversiones iniciales, utilidades, duración, etc., revela el efecto que sobre la rentabilidad, tienen las variaciones en los pronósticos de estas variables relevantes.

Se puede analizar el efecto de una sola variable dejando las demás constantes, o todas las variables afectadas en conjunto.

El modelo de sensibilidad de la utilidad dice:

Este modelo consiste básicamente en analizar las variaciones en la utilidad ante cambios asignados en los precios y volúmenes de venta previamente estimados, para ello se recurre al análisis en los precios y volúmenes de venta previamente estimados asumiendo que los volúmenes de venta son los mismos que los de producción, para ello se recurre al análisis del punto de equilibrio, que se expresa en la siguiente ecuación:

$$R = (p-q) \cdot q - CF$$

Donde :

R = resultado

P = precio unitario

q = volumen en ventas

CF = costo fijo total

CONCLUSIONES

- 1 Conforme se vayan implementando mejoras estratégicas que modifiquen el proceso de producción de lentes de policarbonato o se vayan adquiriendo nuevos y mejores resultados, tanto de producción como de inspección, calidad y productividad, se verá modificado, el concepto del uso importante de un sistema técnico en la producción de lentes a los elementos involucrados en el control de la producción.
- 2 Para lograr el adecuado diseño del sistema para el control de la producción es necesario evaluar las condiciones actuales, luego es necesario establecer la metodología y seleccionar las herramientas de planificación que apoyen y optimicen la labor de control que se efectuará al sistema de producción, por eso el uso de modelos de gráficos de control como la gráfica de Gantt nos serán de utilidad entre otras, en el control de la producción de lentes de policarbonato como la mejor opción para este tipo de proyectos.
- 3 Al concluir el análisis de la situación productiva de los laboratorios ópticos nacionales se creó una conciencia general en los directivos del laboratorio óptico de subir el nivel de efectividad de la empresa para poder lograr un crecimiento de las fronteras comerciales y mantener la continuidad del laboratorio en el mercado nacional para que se mantenga a la vanguardia en tecnología y en sistemas de control.

- 4 Para obtener los mejores resultados en el control de la producción, es necesario analizar constantemente las diferentes variables que se presenten y para ello se requiere un compromiso total de todas las partes que están involucradas en el sistema.

- 5 La correcta elaboración de las gráficas para una demanda estable hace que el sistema sea consistente y funcione sin causas de variación identificables, logrando con esto mayor certeza en la planificación y haciendo que sea una acción cada vez más efectiva.

- 6 La satisfacción de la demanda del mercado se logró alcanzar al dar la propuesta de la programación de las actividades de producción en el sistema de control elaborado, tomando en cuenta para ello la capacidad instalada de la óptica y el tiempo disponible con el que se contaba.

- 7 Lograr una producción estable por medio de la planificación, control y determinación de los tiempos reales, será la señal de haber alcanzado la mejora o estabilización del control de producción en el proceso de elaboración de lentes de policarbonato, y aunque esto no se concrete a corto plazo se deberá seguir una aplicación continua para detecciones futuras de causas variables que afecten y alteren estos resultados.

RECOMENDACIONES

- 1 Contemplar estudios futuros que abarquen tanto al equipo, las máquinas y herramientas como el personal del departamento de producción, y que se muestre tabuladamente el buen o mal nivel de calidad que se esté reflejando dentro del departamento, ya que esto permitirá elevar el nivel competitivo con el que se cuenta actualmente en el laboratorio óptico.
- 2 Capacitar constantemente a todos los elementos involucrados en el sistema de control de la producción, tanto operadores como personal ejecutivo, para lograr que la planificación de las actividades de los mismos reflejen un criterio correcto y unificado por parte de los elementos que intervienen dentro del Sistema de control de la producción.
- 3 Crear, establecer y conservar registros del control de la producción que prueben que el proceso ha sido mejorado. Estos registros deben reflejar claramente si el producto ha superado o no las expectativas del cliente de acuerdo con los criterios de aceptación definidos, y asegurándose que se cumplan con las políticas establecidas dentro del departamento de producción.
- 4 Como un dispositivo de retroalimentación cliente-empresa, se deberán llevar a cabo encuestas periódicas a clientes o consumidores con el objeto de identificar el grado de aceptación del producto para determinar qué tipo de mejoras se deben implementar dentro del proceso de fabricación de lentes, para contar con un servicio más orientado a las necesidades del mercado y por supuesto con ayuda del departamento de Mercadeo.

- 5 El sistema de control de la producción debe ser revisado por lo menos una vez cada seis meses con el propósito de verificar y evaluar el estado en que se encuentra y su modificación a las nuevas políticas y objetivos de producción que se puedan ver afectadas por una variación de los requerimientos del producto.
- 6 Tener una visión futurista, y si fuera el caso, estar planificando el desarrollo de estrategias competitivas, una opción sería la certificación del laboratorio óptico con las Normas internacionales ISO 9000, y por ello recomendar un tipo de membrete para los formatos de control de los registros para empezar a normalizar algunas actividades, únicamente para validarlos por la Norma.
- 7 Para realizar cualquier tipo de análisis se recomienda como una forma de orientación, analizar detenidamente los registros de control de producción del departamento de semestres pasados para rectificar e identificar fallas del sistema de control antiguo, para tomar las decisiones correctivas respectivas, de manera de aplicar una retroalimentación a nivel estratégico.

BIBLIOGRAFÍA

- A. ACLE TOMASINI. Planeación estratégica de la calidad. 6ª. ed. . . .
Argentina, Grijalvo, 1990.
- Schrodeder, Roger G. Administración de operaciones. 3ª. ed. México,
McGraw-Hill Interamericana Editores S.A. 1993. 855 pp.
- García Criollo, Roberto. Estudio del trabajo, Ingeniería de Métodos. 7ª. ed.
México : McGraw-Hill Interamericana Editores S.A., 1998.218 pp.
- J.M. JURAN; F.M. GRYNA. Análisis y planeación de la calidad. Trad. . .
Marcia Gonzáles Osuna. 3ª. ed. México, McGraw-Hill, 1995.
- Walton, Mary. Cómo administrar con el método Deming. Trad. Guisela .
Wolfers de Rosas. Barcelona: Norma, 1988.
- Niebel, Benjamín W. Ingeniería Industrial, Tiempos y Movimientos. 9ª. Ed.
México : Alfaomega S.A., 1993. 880pp.
-

ANEXOS

Figura 18 Generador manual



Figura 19 Generador computarizado



Figura 20 Biseladora automática

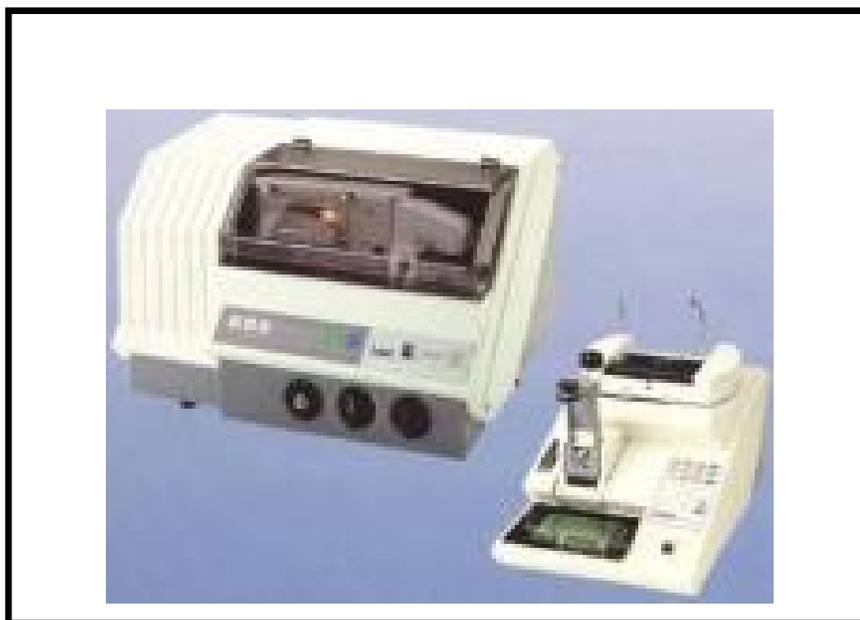


Figura 21 Rectificadora de moldes



Figura 22 Unidad de endurecimiento superficial



Figura 23 Biseladora con patrón



Figura 24 Pulidora o cilíndrica



Figura 25 Instrumento de diagnóstico



Figura 26 Equipo auxiliar de corte y montaje



Figura 27 Equipo auxiliar para talla de lentes



Bloqueador de Alloy Coburn 990



Aplicador de cintas neumático



Marcador de ejes

Tanque de recuperación de Alloy