

308917

18  
2ej



**UNIVERSIDAD PANAMERICANA**

**ESCUELA DE INGENIERIA**

CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**APLICACION DE LA INGENIERIA INDUSTRIAL EN  
UNA PLANTA DE LENTES BIFOCALES DE  
VIDRIO FUNDIDO**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
AREA: INGENIERIA INDUSTRIAL  
P R E S E N T A :  
ALFREDO GONZALEZ TURNBULL

DIRECTOR: ING. MARIANO ROMERO VALENZUELA.

MEXICO, D. F.

1993

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# INDICE

	Pag.
<b>Introducción</b> .....	1
<b>1. Antecedentes</b>	
1.1 Generalidades .....	3
1.2 Necesidad de los Lentes Bifocales .....	4
1.3 Industria Nacional .....	7
1.4 Tipos de Lentes Bifocales .....	10
1.5 Descripción del Proceso .....	15
<b>2. Técnicas de Productividad</b>	
2.1 Generalidades .....	18
2.2 Composición del Trabajo .....	23
2.3 Factores Alternos .....	32
2.4 Estudio de los Métodos .....	34
2.5 Operaciones .....	37
2.6 Estudio del Trabajo .....	41
2.7 Distribución de Planta .....	52
<b>3. Control de Calidad</b>	
3.1 Definiciones sobre Control de Calidad y Control Total de Calidad .....	55
3.2 Factores que han motivado a elevar la Calidad .....	61
3.3 Evolución del Control de Calidad .....	64
3.4 Técnicas para el mejoramiento de la Calidad .....	71

#### **4. Producción**

4.1 Proceso Productivo .....	80
4.2 Descripción de las Operaciones .....	89
4.3 Secuencia de las Operaciones del Proceso de Fabricación .....	102

#### **5. Inventarios**

5.1 Beneficios de los Inventarios .....	111
5.2 Métodos para el Control de Inventarios .....	114
5.3 Tipos de Inventarios .....	128
5.4 MRP .....	133

<b>Conclusiones</b> .....	<b>143</b>
---------------------------	------------

<b>Bibliografía</b> .....	<b>146</b>
---------------------------	------------

<b>Apéndice</b> .....	<b>150</b>
-----------------------	------------

# INTRODUCCIÓN

Este estudio trata sobre la utilización de técnicas de ingeniería industrial para el incremento de la productividad en la fabricación de lentes bifocales fundidos de vidrio.

Se describirán los procesos productivos y algunas herramientas que se pueden emplear para aumentar la productividad.

Partimos del hecho de lo artesanal que es esta producción hoy en día en algunas empresas mexicanas dedicadas a este ramo, con su consiguiente baja productividad, alto desperdicio, largos tiempos de entrega y poca flexibilidad entre otros factores que hacen muy vulnerable a esta industria.

Con la creciente competencia que se ha dado en los últimos años en el plano internacional, se han ido modernizando y cambiando las técnicas manufactureras en todos los sectores industriales.

En esta tesis se expone la aplicación de estas técnicas aterrizadas a la producción de lentes bifocales de vidrio fundido.

En este estudio se describe el proceso general para la producción de bifocales fundidos de vidrio, dando a conocer sus antecedentes, otros tipos de bifocales en el mercado, sus nomenclaturas, el entorno general del mercado y el porqué son una necesidad médica para las personas de cierta edad, que viene a formar el mercado potencial del producto.

Se menciona en forma general la materia prima empleada, el diseño y descripción de la planta, descripción de procesos y operaciones. Señalando la planeación y los controles que se deben tener a lo largo del proceso para obtener finalmente un producto de bajo costo y alta calidad.

Las técnicas mostradas a continuación pueden ser empleadas para incrementar la productividad en una planta ya existente o bien, para el diseño y construcción de una planta nueva.

Este análisis puede ser aplicado para una nueva planta, así como en una planta ya existente y funcionando, en cuyo caso el incremento de la productividad dependerá del manejo actual de la misma y de qué también y de cómo se apliquen los métodos de ingeniería industrial. Aquí se presentan métodos generales y su implantación particular deberá de ir acompañada de un estudio particular.

Se presentan técnicas de estudio del trabajo, planeación y control de la producción, de inventarios y de control de calidad en la cual se pone mucho énfasis.

# **CAPITULO 1 :**

## **ANTECEDENTES**

### **1.1 GENERALIDADES**

En el presente estudio se entenderá por lente un segmento de vidrio ( aunque para otros fines se pudiese considerar cualquier sustancia transparente), con dos superficies, las cuales transmiten y refractan la luz, de tal manera que se genera la imagen de un objeto. Teniendo en la oftálmica el propósito de producir esa imagen en el plano focal deseado, o sea, en algún punto dado con relación al ojo.

Los lentes oftálmicos tienen dos clases de curvaturas en sus superficies; esférica y cilíndrica. La única curvatura que se tratará es la esférica, ya que la cilíndrica se le da al lente en el lado del cóncavo, lo que es independiente de que el lente sea o no bifocal, ya que el trabajo del bifocal se efectúa en la superficie convexa. Y la superficie cóncava se dejará para que el oculista dé el tipo y grado de curvatura necesaria para un paciente y una enfermedad determinada.

Actualmente la demanda del mercado mexicano es mayor que la oferta en este terreno, no bastando la producción nacional, por lo que se tiene que importar. Sin embargo con la apertura de fronteras esta industria enfrenta peligro de extinción, ya que la importación se está realizando en una mayor cantidad que la obtenida por la diferencia entre demanda y producción nacional, dado que el producto de importación se puede conseguir a un menor costo y con frecuencia resulta de una mejor calidad.

En la actualidad sabemos que la modernización en la industria trae como consecuencia el abaratamiento del producto, así como una mayor calidad, pero esta modernización no sólo implica maquinaria de alta tecnología, sino también un control adecuado y una operación eficiente. Las nuevas técnicas empresariales han demostrado que la maquinaria es sólo una parte del sistema y que aún con la mejor maquinaria no se logrará obtener la misma calidad, ni la misma reducción de costos si no se pone un interés especial en la gente, los métodos, la planeación y el control de los procesos.

## **1.2 NECESIDAD DE LOS LENTES BIFOCALES**

La necesidad de utilización del lente bifocal surge a partir del hecho de que los lentes normales de armazón tienen una sólo graduación o poder, siendo que hay personas que necesitan dos graduaciones, una para ver de lejos y otra para ver de cerca.

Esto se debe a que dentro del ojo humano hay un "lente" llamado cristalino, a través del cual pasa la luz proveniente del exterior, y la concentra proyectando la imagen en la retina.

Y con el fin de mantener esta imagen afocada sobre la retina el cristalino cambia su forma, haciéndose más delgado o plano, o bien, engrosando y haciéndose más redondo, como si cambiase su graduación en la función de un lente, esto lo hace conforme vemos objetos a diferentes distancias.

A este proceso se le conoce o denomina como "acomodación". Pero con la edad el cristalino se va endureciendo y perdiendo elasticidad, dificultándosele cada vez más el hacerse más redondo. Y conforme se va endureciendo, se va haciendo cada vez más difícil para la persona poder afocar y ver bien objetos a cercana distancia. Lo que pretende la segunda graduación del lente, el bifocal, es precisamente ayudar con esa cantidad de graduación que el cristalino se vuelve incapaz de proveer.

De manera que la cantidad de graduación que ya utilizaba la persona por miopía o hipermetropía (que no ve bien de lejos o que no ve bien de cerca respectivamente) hay que sumarle, aritméticamente y de manera independiente esa graduación para ayudarle al ojo con la acomodación necesaria.

El cambio en la acomodación se mide en dioptrías, (en el apéndice se da una amplia explicación y significado de esta unidad de medida utilizada para cuantificar la graduación o poder de un lente).

Esto es, si se fija la vista en un punto P1, a una distancia f1, medida en metros, y posteriormente en otro punto P2 a una distancia f2, el cambio en la acomodación es  $1/f1 - 1/f2 = D$  (medido en dioptrías).

Si P2 tendiese a infinito entonces tendremos 1/f1 dioptrías de cambio de acomodación, al cual se le denomina "amplitud de acomodación".

Con la edad la amplitud de acomodación se va perdiendo, teniendo que para un trabajo cercano de aproximadamente unos 33 cm. como regla general hay que añadir a la graduación o potencia del lente las dioptrías como se muestran en la tabla 1-1, la cual muestra además la amplitud de acomodación, los puntos cercanos y lejanos que el ojo puede afocar para un ojo sano ( sin miopía ni hipermetropía) o que ha sido corregido con lentes normales de una sólo graduación:

Edad en años	Amplitud de acomodación en Dioptrías	Adición	Punto Cercano en cm.	Punto Lejano en cm.	Rango en cm.
35	5.5				
40	4.5				
45	3.5	+1.00	22	100	78
50	2.5	+2.00	22	50	28
55	1.75	+2.25	25	40	15
60	1.00	+2.50	30	33	3
65	0.75	+2.50	31	33	2
70	0.25	+2.50	33	33	0
75	0.00	+3.00	33	33	0

*Tabla 1-1 Adición normalmente requerida según la edad.*

A este mal funcionamiento o enfermedad se le llama "presbiopía", comúnmente conocida como "vista cansada". Por esta deficiencia en la amplitud de acomodación es necesario para las personas mayores utilizar lentes para fijar la vista de cerca y , en caso de que previamente exista la necesidad de lentes se necesitaría un segundo par de anteojos para ver de lejos.

El bifocal es un lente práctico, con ambos poderes, eliminando así la necesidad de que el paciente tenga que cargar con ambos y estarselos cambiando constantemente.

Existen otras enfermedades menos comunes que también requieren de estos lentes, aunque son menos comunes, por ejemplo la afaquia, en la cual no hay cristalino, la cual puede presentarse en forma congénita o por la extirpación quirúrgica del mismo.

### **1.3 INDUSTRIA NACIONAL**

En México hay algunas empresas dedicadas a la fabricación de este producto. En este ramo hay empresas mexicanas y transnacionales, en donde desgraciadamente algunas de las nacionales utilizan los métodos tradicionales de producción, siendo éstos ya obsoletos para las necesidades actuales de competitividad.

Aunado a esto cuentan con maquinaria y equipo de más de 40 años de uso. Esto propiciado en parte por el largo periodo en el que se encontraron en un mercado protegido, con necesidades y requerimientos mayores a los que podían satisfacer. Con lo que prácticamente tenían asegurada la venta de lo que producían, aunque su calidad no fuese tan buena y mantuvieran altos costos de producción.

Todos estos factores inmersos en el ambiente de desinversión que vivió el país durante el último par de décadas.

La tecnología del proceso o "know-how" de estas empresas es en gran parte propia, adquirida en varias ocasiones mediante "prueba y error", con los consiguientes desperdicios de materia prima, tiempo e indirectos. Los fabricantes de los equipos daban sus especificaciones y forma de operar y mantener los mismos, pero no los datos técnicos específicos de cómo llevar a cabo la producción.

En ocasiones el empresario no quería o no podía pagar por esa tecnología, prefiriendo o teniendo que hacer innumerables corridas de prueba hasta finalmente dar con las especificaciones de producción necesarias para poder llevar a cabo la fabricación de dicho producto.

Pero en otras ocasiones esos datos simplemente no estaban a la venta. Las empresas dedicadas a la fabricación de bifocales se conocen entre sí por asociaciones y otros nexos, no son un número demasiado grande a nivel mundial. En otros países desde hace tiempo que enfrentan una fuerte competencia entre ellas. Y por sus mismas características ésta es una industria muy "celosa", que guarda sus secretos industriales de manera muy confidencial para sí misma.

Consistiendo esta información confidencial en las curvaturas adecuadas para el vidrio y la oblea, las curvas de temperatura del horno, la distancia de ensamble entre el vidrio y la oblea, técnicas de pulido, forma de sujeción de la oblea al vidrio, del lower y upper para la fundición, formas de remoción de impurezas y otras operaciones críticas del proceso de las cuales se hablará en detalle a lo largo de la tesis.

Dada esta forma de obtención del conocimiento mediante "prueba y error" para poder llevar a cabo la producción en algunas plantas ocurrió el fenómeno de continuar llevando así las corridas, a veces sin estandarizar del todo y fijar perfectamente los parámetros de producción. Así este trabajo se volvió hasta cierto punto artesanal y no tanto industrial.

Los tiempos de fabricación se tomaban como dados y no reducibles, la calidad era sinónimo de costoso, los costos, si fuese necesario y en caso extremo, se reducían mediante el despido de operarios, lo que no fue muy común dado el tiempo que lleva su entrenamiento visual para la detección de desvíos de problemas en los lentes, o se reducía el costo mediante la sustitución de componentes y materia prima barata, aunque fuese de mala calidad, no diese los resultados esperados o fuesen materiales sucios, como en el caso de la solución enfriadora.

Muchas veces la artesanidad del proceso consistió en no tener perfectamente bien estandarizados los ajustes a los equipos dependiendo del producto y curvaturas a fabricar.

En la actualidad sabemos que la modernización en la industria trae como consecuencia el abaratamiento del producto, así como una mayor calidad, pero esta modernización no sólo implica maquinaria de alta tecnología, sino también un control adecuado y una operación eficiente. Las nuevas técnicas empresariales han demostrado que la maquinaria es sólo una parte del sistema y que aún con la mejor maquinaria no se logrará obtener la misma calidad, ni la misma reducción de costos si no se pone un interés especial en la gente, los métodos, la planeación y el control de los procesos.

Siendo la finalidad de esta tesis la propuesta de técnicas modernas de manufactura, se expondrá el proceso general y las operaciones necesarias, pero por no ser objetivo de la tesis y para conservar la confidencialidad de datos técnicos exclusivos propiedad de una empresa no se darán a conocer las curvaturas de la oblea ni los datos reales de las curva de temperatura del horno.

#### 1.4 TIPOS DE LENTES BIFOCALES

Dada la estrecha relación del producto con la oftalmología convendría familiarizar al lector con la terminología comúnmente empleada en este medio, teniendo además un entorno global más completo, el cual puede ayudarnos a comprender mejor el papel que juega el producto en la sociedad.

Como la terminología de oftalmología y las cuestiones de óptica no son el tema central de este trabajo se presentan al final en un apéndice donde pueden ser consultadas para entender mejor la mecánica de los procesos.

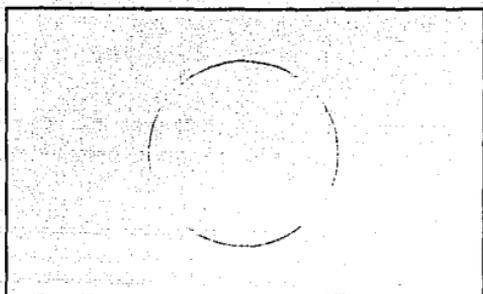
El lente bifocal funciona a partir del principio de tener diferentes refracciones en medios de diferentes densidades, por lo que fusionando dos vidrios de diferentes densidades se obtiene un nuevo poder.

A continuación se presentan algunos de los lentes bifocales más comunes:

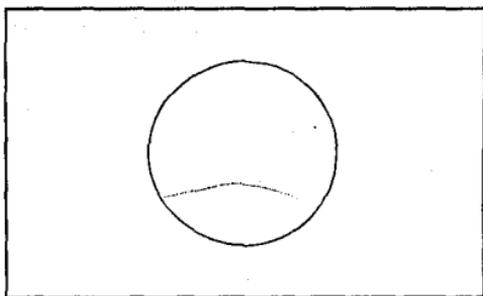
**Ultex.-** Son fabricados de una pieza, en la cual se tienen dos curvas en la parte interior, una superior para ver a distancia, y otra inferior para ver de cerca. Su principal ventaja es estética; la doble curva es casi imperceptible para los demás. Su principal desventaja: mucha gente no los acepta, ya que se marea al pasar de una curva a otra, ya que de una curva se va pasando a la otra, sin que haya una frontera que las delimite. Fig. 1.1, 1.1a y 1.1b.

**Ejecutivo.-** Tiene dos curvas en la parte exterior, pero están definidas sus fronteras. También son de una pieza. Fig. 1.2.

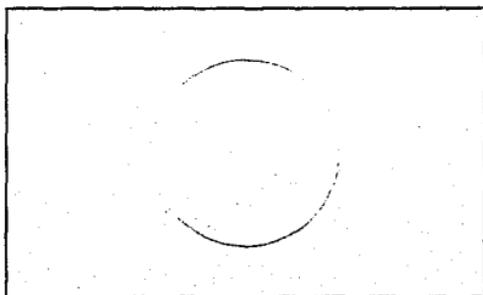
**Bifocal fundido.-** Los dos tipos más comerciales son: Krip Tok y Flat Top, siendo éste el más comercial. En éstos se ensamblan vidrios de diferente densidad, y se funden, teniendo al final una sólo pieza. Son los más comunes, los de mayor venta, y sobre todo los que trata la presente tesis. Fig. 1.3.



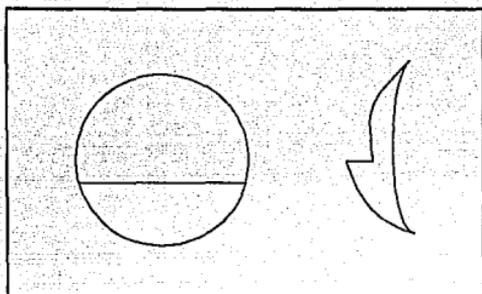
*Fig. 1.1 Ultex*



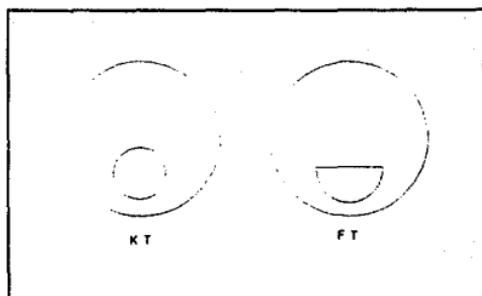
*Fig. 1.1a Ultex A*



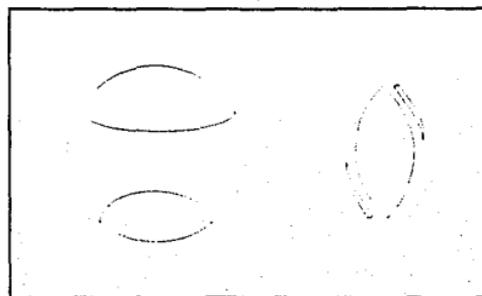
*Fig. 1.1b Ultex B*



*Fig. 1.2 Ejecutivo*



*Fig, 1.3 Bifocal Fundido*



*Fig. 1.4 Trifocal*

### **Trifocal.-**

Este es un lente especial, utiliza los mismos principios que el bifocal, pero tiene tres poderes. Estos se fabrican en una pieza y fundidos. Se utilizan cuando la presbiopía o "Vista Cansada" está muy avanzada y se requiere de un punto focal intermedio, ya que el poder de acomodación de la persona es casi nulo.

Fig. 1.4.

Este tipo de lente, el trifocal, rara vez se requiere antes de los 55 años, y su demanda es muy baja debido a que son más caros, no suelen necesitarse y es considerablemente más difícil adaptarse a ellos que a los bifocales.

Una parte importante de los cristales es el color de los mismos. Los lentes que van entintados se utilizan básicamente por cuestiones de protección a los ojos de la luz y/o por cuestiones estéticas.

Los tintes o colores más comerciales son: blancos, Rb o Ray Ban que es un color verde, Ax o Rosa y el PhG o Photo Gray, que son los que se oscurecen al contacto con los rayos ultravioleta.

Las principales ventajas del bifocal fundido sobre el ultex son el precio y la mayor facilidad de adaptación a su utilización, en cuanto al precio tenemos que por ser más barato es más accesible, teniendo que en los últimos años, en parte por la crisis económica, que la relación de fundido contra ultex ha aumentado de 2:3 a un 1:2 a favor del fundido.

La manera en que el mercado se inclina hacia un tipo de bifocal u otro está determinado principalmente por dos factores; poder adquisitivo y moda. Por el primero, el mercado se ha inclinado en favor del fundido. Y por el segundo, que ejerce también mucha influencia, se ha incrementado la demanda del Flat-Top sobre el Krip-Tok, pasando en este caso de una relación de 8 KT : 1 FT hace apenas dos décadas a un 1 KT : 4 FT recientemente.

### 1.5 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El proceso de fabricación del lente bifocal fundido de vidrio consiste en tomar un lente curvo de vidrio óptico para anteojos de aproximadamente 8 cm de diámetro, y en su lado convexo (cara exterior al momento de montarse en un armazón) se le desbasta material en un pequeño círculo cuyo centro queda entre el centro del vidrio y su perímetro, quedando en esa área una curva contraria a la del lente llamada contra-curva, ligeramente cóncava.

La superficie de esa área debe quedar perfectamente pulida y limpia.

Por otra parte se toma un vidrio más pequeño, de aproximadamente 3 cm. de diámetro, pero de un vidrio diferente, de otra densidad.

A este pequeño vidrio se le denomina oblea o botón, al cual una de sus caras se le da una curvatura especial que "combine" con la contra-curva que se le hizo al vidrio grande, la cual también debe quedar perfectamente pulida y libre de cualquier substancia.

La oblea se coloca de manera especial encima de la contracurva del vidrio grande, el cual se coloca sobre un molde con la misma curvatura que su cara cóncava y se manda al homo donde los dos vidrios se funden en uno solo.

Siendo el ensamble y el fundido las operaciones mas delicadas del proceso, ya que entre ambos vidrios no deben quedar impurezas, ni rayas ni esfuerzos en el vidrio. Además el ensamble debe hacerse de tal manera que al llegar la fundición primero se funda el centro y se extienda hacia el perímetro del botón, de forma que vaya saliendo el aire y que no queden atrapadas burbujas en medio, por diminutas que sean. Siendo entonces críticas la curva del botón, la contracurva del vidrio, la forma de limpiar las superficies y la manera de llevar a cabo el ensamble.

Una vez que se tiene una sola pieza fundida se procede a eliminar el sobrante del botón para que finalmente quede una cara lisa, la cual deberá posteriormente pulirse.

En el caso específico del Flat-Top, que parece como una media luna la oblea es el resultado de unir dos medios círculos, una mitad, la que va en la parte superior es de un vidrio que tiene la misma densidad que el vidrio grande o base, es por eso que al fundirse no queda ningún rastro de que ahí se haya unido algo al vidrio, dejando visible sólo la parte inferior que es de otra densidad y donde se obtiene el aumento o poder deseado.

A ese aumento se le denomina "adición", ya que en esa área hay un cierto aumento extra al que hay en el resto del vidrio, y cuando el óptico le da una curvatura especial en la cara cóncava para un paciente dándole así una graduación al lente en general en el área donde va el botón se sumarán aritméticamente las dos graduaciones medidas en dioptrías.

La cara cóncava del vidrio grande, el cual ya es el único porque ahora se tiene una sola pieza, se pule únicamente con el propósito de poder inspeccionar el lente y ver qué tanto vaya libre de rayaduras, suciedad, esfuerzos o burbujas en el área del botón.

Después de la inspección visual se verifica la adición, los FT seorean, un izquierdo y su derecho, y finalmente se empacan.

El lado cóncavo lleva la misma curvatura que el lado convexo, para evitar que el lente en sí lleve aumento alguno, así es como se entregará al óptico, el cual destruirá la cara cóncava dándole una curvatura específica a cada lente.

## **CAPITULO 2 :**

### **TÉCNICAS DE PRODUCTIVIDAD**

#### **2.1.- Generalidades**

Con la apertura de fronteras se espera que cada vez vaya siendo mayor la competencia. Enfrentándose ahora la industria nacional a un mercado del cual muy poco conoce, y con el que hasta ahora muy poco ha competido. Teniendo entonces que para poder sobrevivir tendrá que hacerse mas productivo y competitivo.

La productividad va a estar muy relacionada con la relación calidad-cantidad-precio, o dicho de otra manera, obtener el máximo rendimiento de nuestros recursos tanto materiales como humanos. Con la optimización del rendimiento de esos recursos es como se puede obtener un producto con ciertas características de calidad con los menores costos posibles.

Son muchos los factores que influyen en la producción que afectan el rendimiento o productividad.

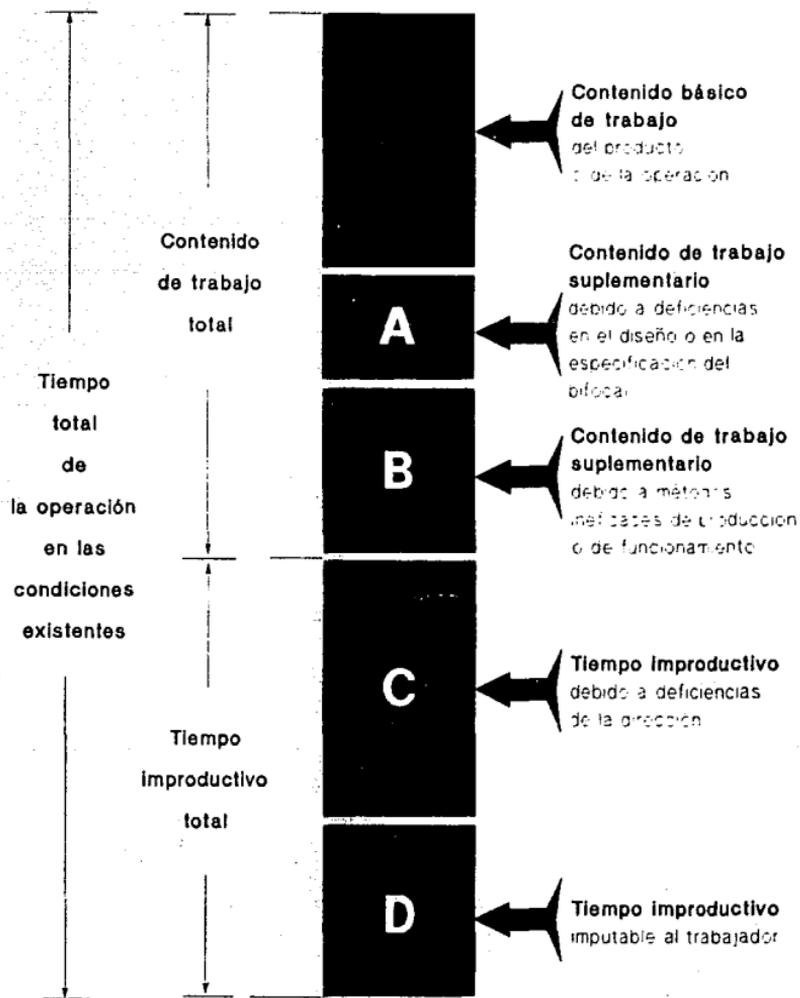
Cabe decir que en términos generales la productividad no sólo se encuentra en el taller, sino en todos los departamentos de la empresa; contabilidad, finanzas, ventas, compras, almacén, ingeniería, planeación, manufactura, etc. La productividad de la empresa debe ser tarea de todos. En la siguiente sección se presenta un análisis referente a la productividad en cuanto a la fabricación del producto.

Cuando se realiza un trabajo o una operación se realizan actividades productivas y actividades improductivas.

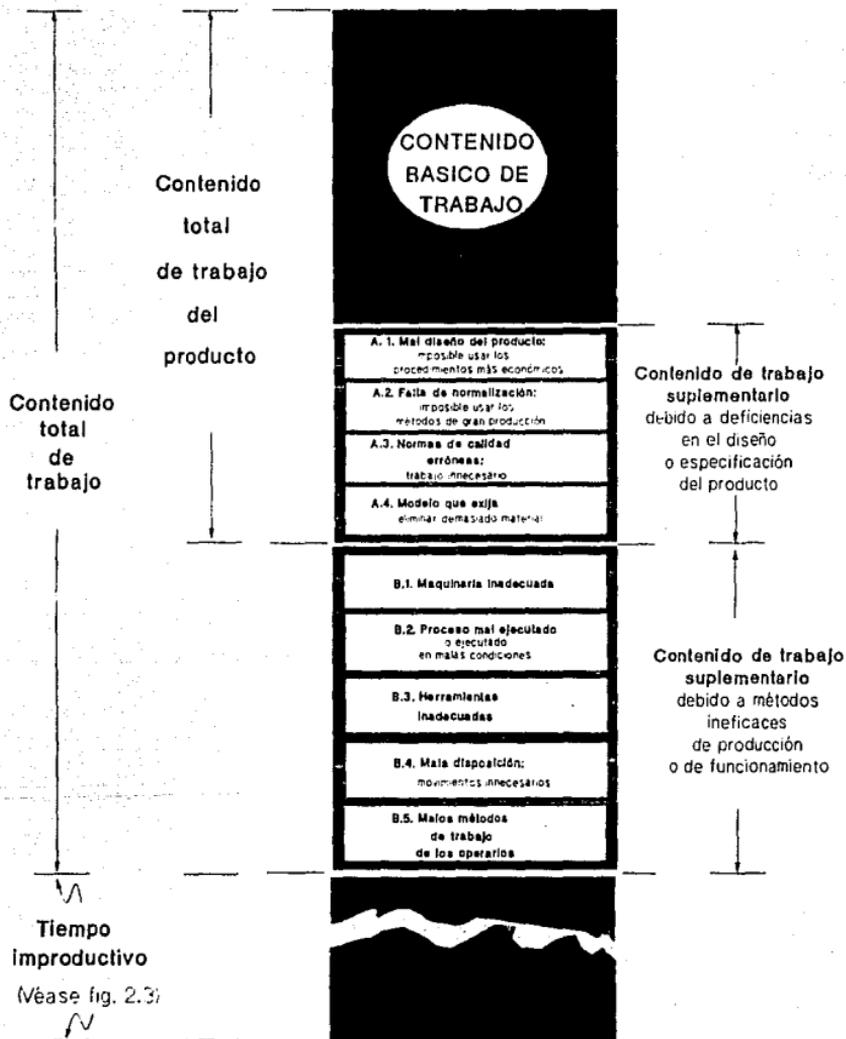
Una forma de elevar la productividad es eliminando el trabajo y tiempos que no agregan valor al producto y no son estrictamente necesarios. Lo que puesto en palabras de la filosofía del Justo A Tiempo es "toda actividad que no agrega valor al producto es un desperdicio".

Se puede hacer un desglose del tiempo total que se aplica para la ejecución de un trabajo. La idea de este análisis es lograr la eliminación del tiempo y trabajo improductivos por un lado, y por el otro la optimización de los métodos utilizados en la ejecución de las operaciones.

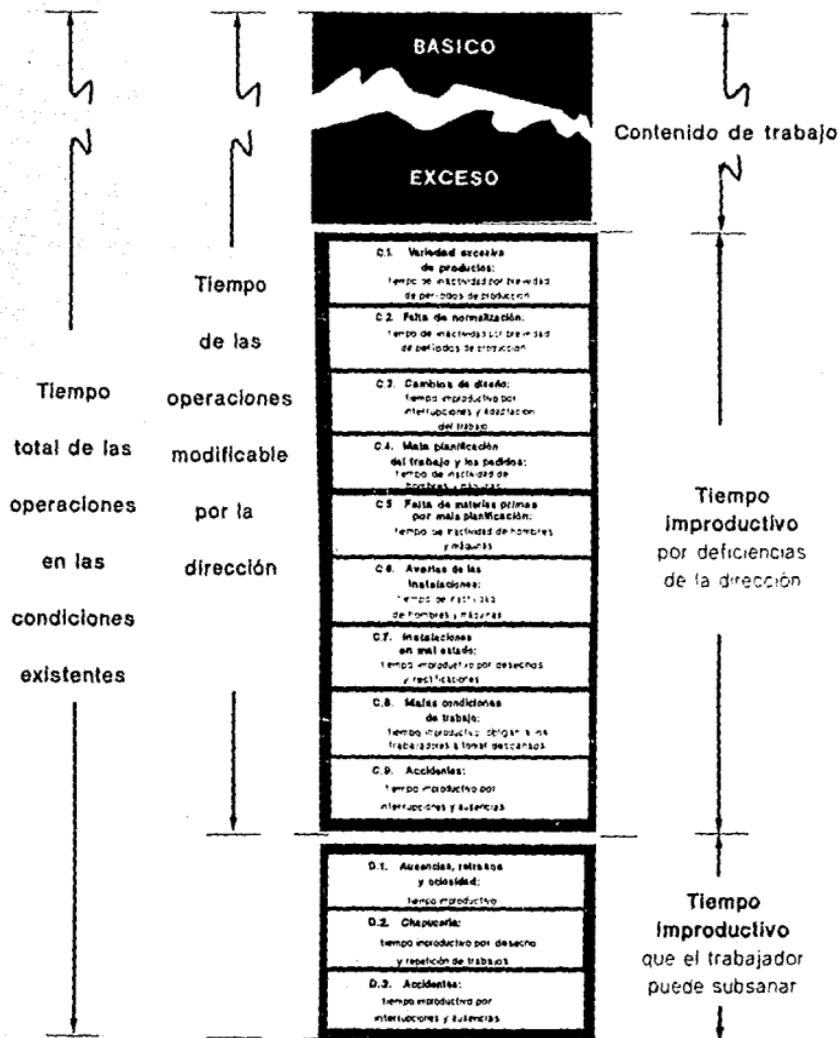
Primero se toma el tiempo total que se lleva la operación, el cual será desglosado en cinco partes divididas en tres segmentos como se muestra en la figura 2.1. En el primer segmento se tiene el contenido básico del trabajo u operación pura. El segundo segmento corresponde al contenido suplementario del trabajo conformado por dos partes; las deficiencias de diseño y las deficiencias de los métodos de producción, los cuales se muestran a detalle en la figura 2.2. Finalmente el tercer segmento, de tiempos improductivos, con una parte debida a deficiencias imputables a la dirección y la parte imputable al trabajador, mostrado en la figura 2.3. Todos estos puntos serán detallados a continuación.



*Fig. 2.1 Desglose del tiempo total que se aplica para realizar un trabajo de operación.*



*Fig. 2.2 Desglose del trabajo suplementario realizado cuando se efectúa una operación.*



*Fig. 2.3 Desglose del tiempo improductivo que se realiza cuando se ejecuto un trabajo*

## **2.2.- Composición del Trabajo**

Este análisis es válido no solo en cuanto a la fabricación de lentes bifocales, sino que se puede generalizar a cualquier otro producto e inclusive se puede aplicar a empresas de servicios. Comenzaremos por descomponer el tiempo de fabricación como se muestra en los siguientes diagramas, empezando por la figura 2.1.

### **A1.- Contenido de Trabajo Suplementario por Diseño (figura 2.2)**

Las partes componentes del producto se pudieron haber diseñado de tal forma que se tengan que ejecutar pasos innecesarios para la fabricación del producto. En el caso de los lentes este problema llega a darse en los cristales rosas, los cuales suelen traer una rebaba en el borde, la cual hay que eliminar en un paso extra, ya que de hacerse en el generado del convexo, habría un porcentaje muy alto de cristales rotos.

### **A2.- Contenido de Trabajo Suplementario por Falta de Estándares**

La falta de estandarización en algunos casos ocasiona mucho tiempo desperdiciado en la preparación de las máquinas al pasar de un lote a otro, éste, es un problema que se puede presentar al querer fabricar un bifocal de una cierta adición con una oblea de una densidad tal que en forma estándar se utilice para lograr una adición diferente. Lo que se puede lograr dándole una contra-curva diferente.

Esto es poco recomendable ya que no sólo se desperdicia tiempo en la preparación de la máquina para dar diferentes contracurvas, sino también se necesitan más moldes de diferente curvatura que hay que estar intercambiando, además de los problemas inherentes a la falta de estandarización, como es el desperdicio que a veces se presenta en los primeros artículos de la corrida.

También se puede presentar este problema al usar una máquina para una actividad diferente para la que está diseñada, debido a sobrecargas de trabajo, un mal balanceo de cargas, o a una descompostura de alguna máquina que obligue a utilizar rutas alternas.

### **A3.- Contenido de Trabajo Suplementario por Malas Normas de Calidad**

En ocasiones los márgenes de calidad que se fijan son demasiado estrechos y a veces hasta innecesarios. Se puede presentar el caso de un material que se trabaje demasiado, con el consiguiente desperdicio en tiempo y material o puede ser desechado inutilmente por defectos que no sean trascendentales o que al cliente jamás los percibirá, no hay que olvidar que es el cliente el que debe de fijar nuestros estándares de calidad. No es conveniente retrabajar material o desecharlo para lograr una calidad que el cliente no pide y que no estaría dispuesto a pagar. Como sería un pulido del cóncavo. Tampoco hay que pasar por alto que el trabajo se debe hacer bien desde la primera vez.

#### **A4.- Contenido de Trabajo Suplementario por Demasiado Desecho de Material**

Debemos tratar de emplear el material más apropiado para nuestros fines. El cristal y la oblea deben de ser del tamaño más conveniente, si es demasiado delgado se puede romper o al cliente le puede llegar un lente delgado y frágil teniendo un alto riesgo de seguridad para sus ojos; por otra parte si se emplea un vidrio muy grueso "por si sale con algún defecto", poderlo retrabajar y no perder el material seguramente saldrá más caro por todo el material que se tiene que desbastar en todos los lentes ( no hay que olvidar que cuanto más gruesos se compren los cristales más caros saldrán).

Además el costo de los pellets es muy alto debido al polvo de diamante que llevan y al rebajar innecesariamente los cristales se nos rebajarán y desperdiciarán los pellets.

#### **B1.- Contenido de Trabajo Suplementario por Maquinaria Inadecuada**

Hay que tratar de ejecutar los procesos en las máquinas que han sido diseñadas para ese proceso en específico, y aunque si cuando se pueda sacarles alguna utilidad extra que no se vuelva la norma, ya que de lo contrario lo estaremos subutilizando, realizando trabajo en exceso para lograr nuestros objetivos y teniendo mala calidad muy probablemente.

## **B2.- Contenido de Trabajo Suplementario por Procesos mal Ejecutados**

Los obreros deben de conocer perfectamente como manejar y poner las máquinas según la curva que vayan a hacer. Las máquinas traen graduaciones de sus partes móviles de ajuste que han de fijarse para los diferentes trabajos.

Por lo que el obrero debe fijarlas según las especificaciones. Guiándose por las graduaciones y no al tanteo, para lo cual debe de contar con tablas de calibración a la vista. Ya que si el operario realiza la preparación del equipo al tanteo, o como "aproximadamente" crea que debe de ir no podremos contar con una estandarización en la producción.

Fabricando finalmente lentes con adiciones diferentes de las planeadas y con tamaños diferentes de obleas.

Adicionalmente a esas graduaciones llevan integrados relojes, que son los que rigen el tiempo de proceso. Estos también se deben de estandarizar según las diferentes durezas de los vidrios y los trabajos a realizar.

Además las máquinas deben recibir un adecuado mantenimiento preventivo para que realicen bien su trabajo y no se queden paradas o empiecen a producir artículos defectuosos.

### **B3.- Contenido de Trabajo Suplementario por uso de Herramientas Inadecuadas**

A los obreros se les debe dotar de la herramienta adecuada que vayan a necesitar para la preparación y uso de los equipos. Con herramientas improvisadas lo que se logra a la larga es dañar los equipos, además de la posibilidad de que no quede bien hecho el trabajo que se intentaba realizar.

Solo con la herramienta adecuada, que no necesariamente es la original del equipo, es como lograremos reducir los tiempos de preparación de las máquinas. Tiempos de preparación altos nos forzarán a corridas de lotes grandes de producción para poder reducir nuestros costos, lo que implicará una menor flexibilidad para los pedidos con nuestros clientes.

### **B4.- Contenido de Trabajo Suplementario por Mala Disposición.**

El diseño de la planta debe estar bien planeado para evitar recorridos innecesarios del material y de los obreros. Ya que lo único que se puede lograr transportando el material es dañarlo o romperlo.

### **B5.- Contenido de Trabajo Suplementario por Malos Métodos de Trabajo de los Operarios.**

Estudios de movimientos periódicos en los trabajadores pueden revelar malos hábitos pudiéndose encontrar formas mejores de ejecutar el trabajo.

### **C1.- Tiempo Improductivo por Excesiva Variedad de Productos. (figura 2.3)**

Se debe tratar de fabricar lotes mínimos para evitar ajustes constantes a las máquinas, aunque en el caso particular de los bifocales se tienen ciertas ventajas; si se hacen 100 blancos, 100 Rb, 100 Ax y 100 PhG de la misma adición se puede considerar un solo lote de 400 unidades, ya que todos llevan la misma curva y los mismos pasos. La diferencia se presenta entre FT y KT, o con diferentes adiciones para el FT.

### **C2.-Tiempo Improductivo por Falta de Estandarización**

Hay que tratar de no mezclar lotes de FT con los de KT, se debe de tener bien planeada y programada la producción para hacer los menos cambios posibles.

### **C3.- Tiempo Improductivo debido a Cambios de Diseño**

Todo lo referente a diseño debe estar muy bien planeado antes de llevarse a la práctica.

### **C4.- Tiempo Improductivo por Mala Planeación y Programación**

También es importante programar cuidadosamente la producción, para evitar tener gente y máquinas ociosas en un momento dado y en otro tenerlas sobreesaturadas.

### **C5.- Tiempo Improductivo por Falta de Materias Primas**

El control de inventarios es vital para la operación. Con faltantes se pararía la producción, que son los costos más altos en los que se puede incurrir; por equipos parados, por imagen ante el cliente, etc. Con excedentes se incurre en costos de oportunidad de almacenamiento y seguros. Además de que el material es frágil con lo que a mayor tiempo de almacenamiento mayor el riesgo de que se dañe.

Es muy importante la liga creada por las estructuras entre el material terminado, los subensambles y cada una de las partes componentes, de tal manera que una vez que determinamos lo que queremos producir sabemos exactamente que material, cuando y cuanto debemos de ordenar.

### **C6.- Tiempo Improductivo por Averías de Instalaciones**

Se debe tener un buen programa de mantenimiento preventivo, y de ser posible predictivo en los equipos para tener los menos paros posibles no programados, en una tendencia hacia el Mantenimiento Total Productivo, lo que no sólo implica realizar el mantenimiento sino realizarlo bien, a tiempo con las refacciones y las herramientas adecuadas, los ajustes adecuados, las estadísticas y el historial de cada equipo.

### **C7.- Tiempo Improductivo por Instalaciones en mal Estado**

No se debe permitir que la maquinaria y las instalaciones funcionen en mal estado y se tengan que realizar paros constantes por mantenimientos correctivos, o que por mantener en mal estado a los equipos la calidad del material se vea afectada constantemente. Y lo mismo aplica a las instalaciones de agua, drenaje, enfriamiento, lubricantes, iluminación, etc. Todo esto repercutirá en la calidad y costo de nuestro producto.

### **C8.- Tiempo Improductivo por Malas Condiciones de Trabajo**

Se debe procurar que el trabajador se encuentre en una posición cómoda, que pueda realizar su trabajo tanto parado como sentado para evitarle en lo posible la fatiga, así realizará un mejor trabajo. Es primordial una excelente iluminación, ya que toda la jornada se la pasará forzando la vista y es así como se hace la inspección de los lentes, la cual debe realizarse por el mismo operario.

### **C9.- Tiempo Improductivo debido a Accidentes**

La seguridad en el taller es muy importante. Los accidentes son causa de muchas pérdidas humanas, de miembros de los trabajadores, de tiempo y de materiales, además los trabajadores no pueden estar a gusto en un ambiente de trabajo inseguro.

En casi todas las empresas ya se han creado programas intensivos de seguridad. Esto refleja la importancia que actualmente se le está dando tanto al trabajador como a los costos de la inseguridad.

### **D1.- Tiempo Improductivo por Ausencias, Retrasos y Ociosidad**

Se debe tener alguna política motivacional para evitar, en lo posible, el ausentismo y los retardos, así como tener los controles necesarios para en el caso de reincidencia en faltas por parte de algún trabajador tomar las medidas que se juzguen más pertinentes. Además se deben elaborar estándares para evitar la ociosidad y las disminuciones contínuas en el ritmo del trabajo.

### **D2.- Tiempo Improductivo por Trampas del Trabajador**

Hay que evitar que el obrero esté repitiendo su trabajo constantemente, ocasionando desperdicios de material y demoras en la producción. Hay que tener cuidado en como se manejan los planes de incentivos y de remuneración. No sólo en pagar al trabajador por unidades producidas, sino por unidades buenas producidas.

### **D3.- Tiempo Improductivo por Accidentes**

Se deben preveer los problemas de seguridad que puedan surgir y proveer al obrero de los implementos de seguridad necesarios como guantes y gafas y hacer obligatorio su uso donde aplique. Teniendo en cuenta que en ciertas operaciones el uso de las gafas no es muy necesario, no hay un riesgo alto y el uso de las mismas puede disminuir la visibilidad del operario a la hora de realizar algún tipo de inspección.

### 2.3 Factores Alternos

Podemos decir que para aumentar la productividad hay que tener un buen diseño que elimine excesos en el contenido de trabajo. Además se deben de tener buenos métodos de trabajo y hacer que los obreros cooperen al realizar los mejores métodos posibles.

La administración debe de estar muy pendiente de los materiales y las instalaciones así como de lo que se debe fabricar y cuándo se debe fabricar. También se debe ejercer un adecuado control de los trabajadores así como de tener una comunicación abierta con ellos y procurar su bienestar.

La iluminación adecuada es uno de los factores más importantes para la eficiente realización del trabajo. Se calcula que más del 95% de la información requerida para ejecutar un trabajo de esta naturaleza se adquiere por la vista.

La buena visibilidad es un factor importante para reducir el número de piezas defectuosas, disminución del despilfarro, así como para prevenir la fatiga visual y las cefaleas de los trabajadores. Además la visibilidad insuficiente y el deslumbramiento son causas frecuentes de accidentes. Por el tipo de trabajo requerido en la fabricación de lentes y por su frecuente inspección, la cual es muy minuciosa se requiere de una iluminación muy especial.

La iluminación debe de aumentar no sólo en relación con el grado de precisión o miniaturización del producto, sino también en función de la edad de los trabajadores.

Sería conveniente tratar de aprovechar la luz natural del día, sin embargo se debe tener una buena instalación de luz artificial.

La luz fluorescente ofrece grandes ventajas, permite ver colores y contornos con particular fidelidad, y en comparación con la luz incandescente no deslumbra, además de que su costo a la larga es mucho menor.

Los lugares que deben estar más iluminados por orden de importancia son los siguientes: ensamble, inspección y pulido.

Las máquinas serán quienes realicen gran parte del trabajo, pero quienes lo han de validar serán los operarios, quienes detectarán y corregirán fallas y desviaciones del proceso.

Deben de tener las mejores condiciones posibles a fin de evitarles en lo posible fatigas extenuantes e innecesarias, sobre todo fatigas visuales, ya que éstas podrían provocar que pasaran desapercibidas algunas fallas afectando la calidad del producto.

Hay que señalar también lo importante que es tener un lugar seguro y limpio. Una planta que cuente con las medidas adecuadas de seguridad e higiene para los trabajadores y que contemple un programa rutinario de mantenimiento preventivo. Además de poder hacer frente a problemas de mantenimiento correctivo para reducir la probabilidad de eventuales problemas de seguridad por falta de un mantenimiento adecuado. Tomando también en cuenta los costosos tiempos de paro inesperados.

## 2.4.-Estudio de los Métodos

Una herramienta básica con la que se cuenta para incrementar la productividad sin incurrir en gastos altos como podría ser la compra de maquinaria nueva, es el estudio de métodos, cuyos fines son los siguientes:

- Mejorar los procesos y los procedimientos;
- Mejorar la disposición de la fábrica, taller y lugar de trabajo, así como los modelos de máquinas e instalaciones;
- Economizar el esfuerzo humano y reducir la fatiga innecesaria;
- Mejorar la utilización de materiales, máquinas y mano de obra;
- Crear mejores condiciones y materiales de trabajo. "

Para lograr esos fines se han desarrollado varias técnicas, las cuales van desde la distribución general de la planta hasta los menores movimientos repetitivos del operario.

En la presente tesis sólo se analizan las operaciones más trascendentales, ya que resultaría inútil estudiar una pequeña tarea de banco que exija un minucioso estudio de los movimientos del trabajador y sólo permitiría economizar unos pocos segundos en cada operación, siendo que en una fábrica como la que se plantea no hay muchos operarios y la economía total realizada no justificaría los gastos en que se incurrirían.

Parte del procedimiento básico del estudio de métodos consiste en registrar todos los hechos llevados a cabo en el proceso de fabricación.

La manera de hacer el registro consiste básicamente en gráficos y diagramas, los cuales facilitan al lector la "visualización" y el entendimiento de los detalles recopilados. Existen varios tipos, cada uno con un propósito específico clasificados en :

- a) Gráficos que indican la sucesión de los hechos
- b) Gráficos con escala de tiempo.
- c) Diagramas que indican movimiento.

Los cuales serán mostrados y explicados a detalle más adelante.

Los símbolos empleados son los recomendados por la Asociación de Ingeniería Mecánica de Estados Unidos y adoptado por el B.S. Glossary (British Standards Institution: Glossary of terms used in work study).

Los símbolos que representan las principales actividades de un proceso son los siguientes.

 **(Círculo) Operación:** Indica las principales fases del proceso, método o procedimiento. Por lo general el producto sufre alguna transformación física o química.

 **(Cuadrado) Inspección:** Indica que se verifica la calidad, la cantidad o ambas. No contribuye a la conversión del material, sólo sirve para comprobar si una operación se ejecutó correctamente.

➔ **(Flecha) Transporte:** indica el movimiento de los trabajadores, materiales y/o equipo de un lugar a otro. Indica cuando un objeto se traslada de lugar, salvo que el traslado forme parte de una operación o sea efectuado por un operario en su lugar de trabajo al realizar una operación o inspección.

**(D) Depósito Provisional o Espera:** Indica demora en el desarrollo de los hechos; abandono momentáneo, no registrado, de cualquier objeto hasta que se necesite.

**(Triángulo) Almacenamiento Permanente:** Indica el depósito de un objeto bajo vigilancia en un almacén donde se recibe o entrega mediante alguna forma de autorización o donde se guarda con fines de referencia.

**(Cuadrado con Círculo) Actividades Combinadas:** Indica que varias actividades se realizan al mismo tiempo o por el mismo operario en un mismo lugar de trabajo, como operación o inspección.

El primer gráfico de sucesión que se presentará es el cursograma sinóptico; el cual presenta un cuadro general de cómo se suceden tan sólo las principales operaciones e inspecciones.

A la información que dan de por sí los símbolos y su sucesión se añade paralelamente una breve nota sobre la naturaleza de cada operación o inspección y cuando es representativo, el tiempo que se le fija.

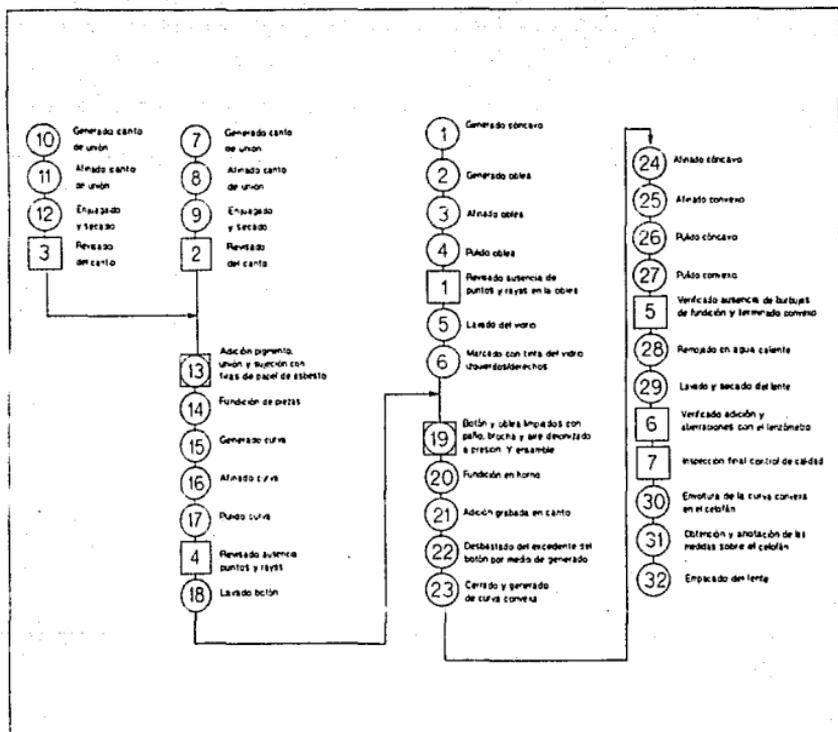
El tiempo fijado por pieza se indica en horas a la izquierda de cada operación. No se asigna un tiempo dado para cada inspección, ya que los inspectores no son retribuidos por tarea. Lo que se debe de fijar son tiempos máximos de inspección por lote para que no se extiendan demasiado tiempo en su labor provocando así un cuello de botella en el flujo productivo. Sin embargo si se debe ser más flexibles en esta actividad dado que el ser muy rígido podría ocasionar que por sacar el trabajo se dejaran pasar lentes defectuosos, sobre todo si tomamos en cuenta que a veces detectar fallas de calidad puede ser difícil por el tamaño mismo de la falla.

## 2.5 Operaciones

En la figura 2.4 se muestra un diagrama de operaciones mostrando los pasos de la fabricación de un bifocal Flat-Top.

Obsérvese que la numeración comienza por uno y continúa de un componente a otro partiendo de la derecha hasta el punto en que el segundo componente se une con el primero.

Pasando la sucesión al componente siguiente de la izquierda y sigue por la operación en que se une los primeros componentes hasta el punto de montaje siguiente, de donde pasa al componente que está por ensamblar.



**Fig. 2.4** *Cursograma sinóptico: Ensamble de lente bifocal Flat Top*

Como se pudo apreciar este método es bastante sencillo. Sin embargo, al verse de primera ojeada nos da una idea clara de las actividades de que se trata, pudiendo eliminar las innecesarias o combinar las que pueden hacerse juntas. Pero por lo general el grado de detalle que da esa sinopsis no basta y se recurre a un Cursograma Analítico mostrado en la figura 2.5.

Este diagrama muestra la trayectoria de un producto o procedimiento, señalando todos los hechos sujetos a examen mediante el símbolo que corresponda.

Tiene tres bases posibles:

El operario: Diagrama de lo que hace la persona que trabaja. El material: Diagrama de cómo se manipula o trata el material. El equipo o maquinaria: Diagrama de cómo se emplean.

Con el fin de mostrar que el cursograma analítico para el operario muestra lo que hace el trabajador, y los cursogramas de material y de equipo indican cómo son manipulados o utilizados, por convención se emplea la voz activa en el cursograma para el operario y la voz pasiva para los otros dos.

Para este gráfico se tiene una sola forma impresa, en donde se especifican los tres tipos, y sólo se tachan los dos que no corresponden.

Cuando se trata de un cursograma del material, por ser más específico, se detalla una sola pieza del ensamblado en cada cursograma.



Sea cual sea la técnica que se utilice posteriormente para completar el estudio del trabajo, la preparación de este diagrama debe ser el primer paso.

Ya que con esta representación gráfica de los hechos se obtiene una visión panorámica de lo que sucede y se entienden con mayor facilidad tanto los hechos en sí, como su relación mutua.

En estos gráficos se pueden añadir el costo de la mano de obra y de los materiales a modo informativo para comparaciones posteriores de los métodos antiguos con los propuestos.

## **2.6 Estudio del Trabajo**

Una técnica muy empleada para detectar actividades innecesarias es la técnica del interrogatorio, la cual consiste en ir sometiendo cada actividad a una serie sistemática y progresiva de preguntas.

Con las cuales se averigüen:

el PROPOSITO con que  
el LUGAR donde  
la SUCESION en que se emprenden las necesidades  
la PERSONA por la que  
los MEDIOS por los que

con el objeto de ELIMINAR  
COMBINAR  
ORDENAR DE NUEVO dichas actividades  
o SIMPLIFICAR

PROPOSITO ¿ Qué se hace en realidad ?  
¿ Qué se obtiene en realidad ?  
¿ Por qué hay que hacerlo ? ELIMINAR partes  
¿ Qué otra cosa podría hacerse ? innecesarias de  
¿ Qué debería hacerse ? trabajo

LUGAR: ¿ Dónde se hace ?  
¿ Por qué se hace ahí ? COMBINAR  
¿ En qué otro lugar podría hacerse ? siempre que  
¿ Dónde debería hacerse ? sea posible

**SUCESION:** ¿ Cuándo se hace ?

¿ Por qué se hace en ese momento ?

¿ Cuándo podría hacerse ?

¿ Cuándo debería hacerse ?

**ORDENAR** de nuevo la  
sucesión de las  
operaciones para  
obtener los mejores  
resultados.

**MEDIOS:** ¿ Cómo se hace ?

¿ Por qué se hace de ese modo ?

¿ De qué otro modo podría hacerse ?

¿ Cómo debería hacerse ?

**SIMPLIFICAR** la  
operación

Muchas veces por alguna razón temporal o transitoria es necesario llevar operaciones extras o en otro lugar , pero cuando desaparece el motivo siguen en pie mucho tiempo después. Contestaciones a preguntas sobre operaciones innecesarias como " ¿ Por qué se hace hasta allá en vez de aquí ?". Que frecuentemente nadie recuerda.

Esta técnica se debe realizar sistemáticamente cada vez que se empiece un estudio del trabajo, con ella desde el primer instante se empiezan a detectar vicios en las actividades.

El resultado final es que el material y los trabajadores siguen frecuentemente una larga y complicada trayectoria durante el proceso de elaboración, con la consiguiente pérdida de tiempo y energía y sin que se agregue nada de valor al producto.

Se ha diseñado un gráfico llamado "Diagrama de Actividades Múltiples", en el cual se analiza una operación específica. En la parte superior izquierda del mismo aparecen los datos generales de la operación que se analiza, el producto, la operación y la estación de trabajo o máquina donde se lleva a cabo el estudio.

En el recuadro superior derecho se estampan los datos acerca del tiempo y porcentajes de utilización.

La parte inferior consta de dos mitades; en la izquierda se detallan las actividades realizadas por el operario con una longitud vertical hacia abajo proporcional al porcentaje del tiempo empleado en esa microactividad con respecto al tiempo total del ciclo, el cual normalmente es el tiempo de procesamiento de una pieza.

Y del lado derecho se hace lo mismo pero en relación a la máquina en vez de al operario. En la figura 2.6 se muestra el formato de este diagrama.

Diagrama de Actividades Múltiples	
Diagrama No.	Tiempo del Ciclo Operario: Máquina:
Producto:	Tiempo de Trabajo Operario: Máquina:
Proceso:	Tiempo Inactivo Operario: Máquina:
Máquina:	Utilización Operario: Máquina:
OPERARIO	MAQUINA

**Fig. 2.6** Formato de un diagrama de Actividades Múltiples.

Diagrama de Actividades Múltiples		Tiempo del Ciclo	
		Operario: 17 s	Máquina: 17 s
Diagrama No. 1		Tiempo de Trabajo	
		Operario: 11 s	Máquina: 6 s
Producto: Lente B focal FT		Tiempo Inactivo	
		Operario: 6 s	Máquina: 11 s
Proceso: Generado de Oblea		Utilización	
		Operario: 64.1%	Máquina: 94.4%
OPERARIO		MAQUINA	
<p>Quita el vidrio anterior y lo coloca con los que ya están generados.</p> <p>Coloca otro en la máquina y se asegura de que este bien sujeto, arranca la generadora.</p>		Inactivo	11
Inactivo		Genera oblea	17

Fig. 2.6a Diagrama No. 1

Diagrama de Actividades Múltiples		Tiempo del Ciclo	
Diagrama No. 2		Operario: 13s	
Producto: Lente Bifocal		Máquina: 13s	
Proceso: Afinado Cóncavo		Tiempo de Trabajo	
Máquina: Afinadora		Operario: 6s	
		Máquina: 7s	
		Tiempo Inactivo	
		Operario: 3s	
		Máquina: 6s	
		Utilización	
		Operario: 46,2%	
		Máquina: 59,8%	
OPERARIO		MAQUINA	
<p>Levanta la aguja y saca el lente.</p> <p>Lo coloca sobre la mesa, toma el portavidrios que ya contiene un nuevo lente y lo pone sobre el mismo, colocando la aguja encima y arrancando la máquina.</p>		<p>inactivo.</p> <p style="text-align: right;">6</p>	
<p>Saca el vidrio afinado del portavidrios colocándolos con los demás vidrios afinados</p> <p>Toma otro vidrio para afinar y lo coloca en el portavidrios.</p>		<p>Afinado cóncavo.</p> <p style="text-align: right;">10</p>	
<p>inactivo.</p>		<p style="text-align: right;">13</p>	

Fig. 2.6b Diagrama No. 2

Diagrama de Actividades Múltiples		Tiempo del Ciclo Operario: 70s Máquina: 70s
Diagrama No. 3		Tiempo de Trabajo Operario: 70s Máquina: 65s
Producto:	Lente Bifocal	Tiempo Inactivo Operario: 0s Máquina: 4s
Proceso:	Puntos Cóncavo	Utilización Operario: 100% Máquina: 92.9%
Máquina:	Bullough Meyer PTC.	
OPERARIO		MAQUINA
<p>Levanta aguja, saca portavidrio y pone otro portavidrio sobre el molde.</p> <p>Coloca la aguja encima y arranca la máquina.</p>		<p>enciende la aguja sobre la que se trabaja.</p> <p>Activa las otras cinco.</p>
<p>Repite la operación para cada uno de los otros cinco vidrios.</p> <p>Después limpia e inspecciona cada uno de los vidrios y los va colocando en su lugar.</p> <p>Coloca más vidrio en los portavidrios.</p>		<p>Activa esa agujerababea que el cóncavo.</p>
		70

Fig. 2.6c Diagrama No. 3

Diagrama de Actividades Múltiples		Tiempo del Ciclo	
Diagrama No. 4		Operario: 75	
Producto: Lente Bifocal		Máquina: 75	
Proceso: Generado Concavo		Tiempo de Trabajo	
Máquina: Generadora.		Operario: 60	
		Máquina: 75	
		Tiempo inactivo	
		Operario: 1	
		Máquina: 60	
		Utilización	
		Operario: 85,7%	
		Máquina: 14,3%	
OPERARIO		MAQUINA	
<p>Levanta aguja y saca el vidrio, el estampado donde están los pernos ya generados.</p> <p>Toma otro vidrio con el portavidrios y lo coloca sobre el molde, colocándole la aguja encima.</p> <p>Atranca la máquina.</p>		inactivo.	6
inactivo.		Genera el concavo.	7
En este proceso el tiempo es activo de la máquina es tan corto que el operario no puede realizar ninguna otra tarea mientras se ejecuta la operación.			

Fig. 2.6d Diagrama No. 4

Diagrama de Actividades Múltiples		Tiempo del Ciclo		
Diagrama No. 5		Operario: 20s		
Producto: Oblea		Máquina: 20s		
Proceso: Afinado Oblea		Tiempo de Trabajo		
Máquina: Afinadora.		Operario: 10s		
		Máquina: 10s		
		Tiempo Inactivo		
		Operario: 8s		
		Máquina: 6s		
		Utilización		
		Operario: 60.0%		
		Máquina: 70.0%		
OPERARIO		MAQUINA		
Abre y saca los vidrios de la máquina.	[Cross-hatched]	[Cross-hatched]	inactivo.	6
Mete vidrios nuevos entre el molde y las agujas, posteriormente cierra.				
Saca los vidrios del portavidrios.	[Cross-hatched]	[Cross-hatched]	Afina oblea.	12
Los coloca con los demás que están afinados y pone vidrios nuevos en los portavidrios.				
Inactivo.	[White]	[Cross-hatched]		20

Fig. 2.6e Diagrama No. 5

Diagrama de Actividades Múltiples		Tiempo del Ciclo	
Diagrama No. 6		Operario: 67s	
Producto: Oblea		Máquina: 67s	
Proceso: Pulido Oblea.		Tiempo de Trabajo	
Máquina: Pulidora.		Operario: 42s	
		Máquina: 67s	
		Tiempo Inactivo	
		Operario: 25s	
		Máquina: 7s	
		Utilización	
		Operario: 62.7%	
		Máquina: 89.6%	
OPERARIO		MAQUINA	
Abre y saca los vidrios de la máquina.			inactivo.
Mete vidrios nuevos para pulir.			
Cierra la puerta de la máquina			
Limpia los vidrios e inspecciona que no tengan ningún defecto, los coloca con los demás que están pulidos y coloca otros dos vidrios en los portavidrios.			Pule la oblea.
inactivo.			

Fig. 2.6f Diagrama No. 6

## 2.7 Distribución de Planta

Por lo que a la disposición de la fábrica se refiere, hay que darle la importancia que merece a la hora de hacerla. E incluso, si ésta ya está montada convendría hacer un estudio al respecto, para en caso de que la distribución de la misma provoque una disminución fuerte de la productividad potencial, se proceda a realizar un análisis de viabilidad para cambiar su distribución, tomando en cuenta el retorno sobre la inversión.

Teniendo en cuenta que : "Determinar la disposición de una fábrica, existente o en proyecto, es colocar las máquinas y demás equipo de la manera que permita a los materiales avanzar con mínimo de manipulación, desde que se reciben las materias primas hasta que se despachan los productos terminados."

A continuación, en la figura 2.7, se presenta una propuesta de distribución típica de una planta de lentes bifocales de vidrio fundido, con las direcciones de flujo de los materiales.

Como se puede apreciar se intenta que el recorrido del material sea el más corto posible, así como el de los operarios.

Sobre el plano de una planta ya existente se puede trazar el recorrido normal del material para determinar si existe alguna oportunidad de poder acortar el tiempo de recorrido, dependiendo de las facilidades que se tengan.

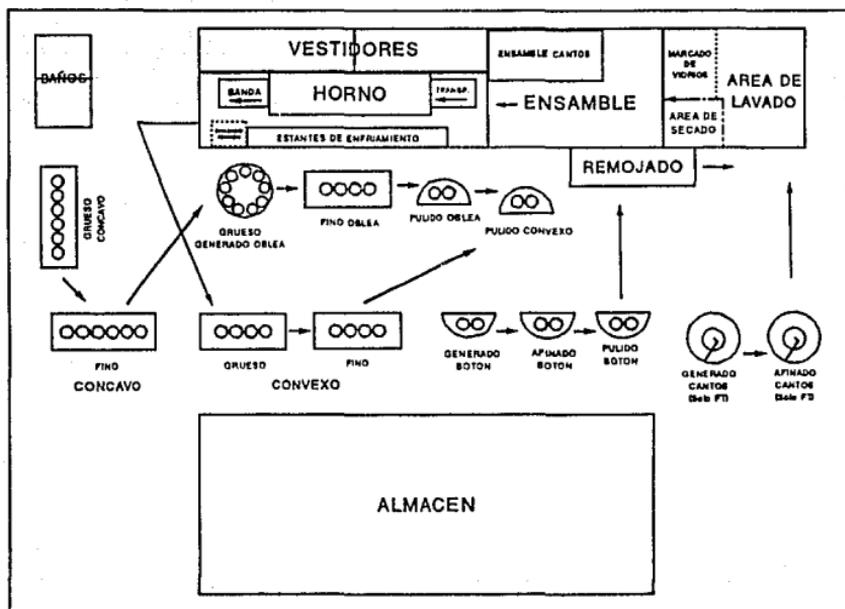


Fig. 2.7 Diagrama de una planta típica de lentes bifocales.

Además del recorrido del material interesa el de los operarios, los cuales suelen moverse básicamente al:

- introducir material y retirarlo del piso, al almacén y viceversa
- cuando atienden más de una máquina
- mueven material de un centro de trabajo a otro

Una herramienta muy sencilla y fácil de emplear es el "diagrama de hilos". Se hace un modelo a escala de la planta con sus centros y estaciones de trabajo, o incluso del mismo almacén con sus respectivas ubicaciones. Y sobre este modelo se va trazando con un hilo el recorrido que efectúa una persona, el material o equipo. Dando como resultado las rutas más transitadas.

Como resultado, al ver que recorridos son los más transitados se puede ver que máquinas sería conveniente poner juntas y en donde. O que material es el más utilizado del almacén para colocarlo cerca de la ventana o área de despacho.

## **CAPITULO 3 : CONTROL DE CALIDAD**

### **3.1 Definiciones sobre control de calidad y control total de calidad**

Siendo una de las cuestiones que ha cobrado cada vez más importancia en todos los ambientes, tanto productivos como comerciales y de servicios, he dedicado un capítulo completo al análisis del control de calidad.

Hoy en día la calidad ha pasado de ser un factor importante a un factor decisivo por el cual un cliente escoge un determinado producto o servicio.

Cada vez la gente se ha vuelto más exigente con la calidad de los bienes y servicios que adquiere. Por lo que esa exigencia, a los proveedores les ha implicado ser competitivos no sólo en precio, sino también en la calidad de sus productos. Hoy por hoy la calidad ya no es negociable, sólo el precio lo es dentro de ciertos límites y no siempre, a veces está muy determinado por el mercado.

Pero antes de empezar a analizar la calidad y los controles con los que se puede contar, expondré en unas líneas una definición tanto de "calidad" como de "control de calidad", para que una vez que tengamos la misma definición o idea de los conceptos, sea más fácil hablar de su implantación.

El sentido en el que utilizaré la frase "Control de Calidad" la palabra "calidad" no tiene el sentido popular de "mejor" en un sentido absoluto. Industrialmente significa "lo mejor para ciertos requisitos del cliente o consumidor". Estos requisitos son:

- a) El uso a que el producto se destine y
- b) precio de venta del producto.

A su vez estas 2 condiciones se reflejan en otras 10:

- 1) La especificación de dimensiones y características operativas.
- 2) Los objetivos de confiabilidad y vida.
- 3) Los requisitos de seguridad.
- 4) Los estándares relevantes.
- 5) Los costos de ingeniería, fabricación y calidad.
- 6) Las condiciones de producción bajo las que se fabricó el artículo.
- 7) La instalación de planta y los objetivos de mantenimiento y servicio.
- 8) Los factores de uso de energía y conservación del material.

9) Consideraciones ambientales y otras condiciones "colaterales".

10) Los costos de operación del cliente y uso y servicios del producto.

"Control" en la terminología industrial se puede definir como un proceso para delegar responsabilidad y autoridad para la actividad administrativa. Mientras, se retienen los medios para asegurar resultados satisfactorios, siendo una herramienta de cuatro pasos:

- a) Fijación de estándares de calidad
- b) Logro de conformidad con estos estándares.
- c) Acción cuando se exceden los estándares.
- d) Ramificación para mejoras en los estándares.

En una interpretación estrecha, "calidad" significaría calidad del producto.

En una interpretación más amplia, "calidad" significa calidad del trabajo, calidad del servicio, calidad de la información, calidad del proceso, calidad de las personas, ... etc.

Por lo que hacer control de calidad significaría:

- 1.- Emplear el control de calidad como base.
- 2.- Hacer el control integral de costo, precio y utilidades.
- 3.- Controlar la cantidad (volúmenes de producción, de ventas y de inventario en todas sus formas), así como fechas de entrega, tanto para los procesos internos como los externos.

La calidad es el grado en que un producto satisface las necesidades del cliente, quien es el que finalmente lo determina, no ingeniería, ni mercadotecnia, ni la gerencia general.

Basada en la experiencia real del cliente con el producto o servicio medido contra "sus requisitos" (definidos o tácitos, conscientes o sólo sentidos, operacionales técnicamente o por completo subjetivos), formados por el conjunto de propiedades que lo hacen útil, que son las características de calidad, que son:

- i) Por variables: Son las que se pueden medir y expresar con un valor numérico; por ejemplo, tamaño de la oblea, grosor del vidrio, adición, etc.

- ii) Por atributos: No son medibles; por ejemplo, como el color o las aberraciones.

Siendo la calidad la resultante total de las características del producto y servicio, de mercadotecnia, ingeniería, fabricación y mantenimiento a través de los cuales el producto o servicio en uso, satisficará las expectativas del cliente.

Las NORMAS INDUSTRIALES JAPONESAS (NIJ) definen así el control de calidad: "Un sistema de método de producción que económicamente genera bienes o servicios de calidad, acordes con los requisitos de los consumidores. El control de calidad moderno utiliza métodos estadísticos, denominado: *"Control Estadístico de Calidad"*.

Ishikawa la define de la siguiente manera:

*"Practicar el control de calidad es desarrollar, diseñar, manufacturar y mantener un producto de calidad que sea el más económico, el más útil y siempre satisfactorio para el consumidor"*.

La calidad es un factor básico de decisión del cliente para un número de productos y servicios que crecen en forma explosiva.

La calidad ha llegado a ser la única fuerza más importante que lleva el éxito organizacional y al crecimiento de la compañía en mercados nacionales e internacionales.

Los retornos sobre inversión de programas de calidad fuertes y efectivos están generando excelentes resultados de utilidades en empresas con estrategias de calidad efectivas. Esto está demostrado por los importantes aumentos en la penetración del mercado, por mejoras importantes en la productividad total, por los costos mucho menores de calidad y por un liderazgo competitivo más fuerte.

"La calidad es en esencia una forma de administrar a la organización". Y el impacto organizacional del Control Total de Calidad implica la implantación administrativa y técnica de las actividades de calidad orientadas al cliente como una responsabilidad principal de la gerencia general y de las operaciones de líneas principales como ingeniería, producción, relaciones industriales y servicios. Así como a la misma función de control de calidad en los niveles más económicos que generan la satisfacción completa del cliente.

Como las finanzas y la mercadotecnia, la calidad ha llegado a ser un elemento esencial de la administración moderna. Y la efectividad en la administración de la calidad se ha convertido en una condición necesaria para la efectividad de la administración industrial en sí.

### 3.2 Factores que han motivado a elevar la calidad

Los compradores de hoy continúan comprando poniendo gran atención en el precio, a diferencia de los compradores de hace sólo unos cuantos años. Ponen un énfasis cada vez más alto en la calidad, esperando productos aceptables a rangos amplios de precio. Es la calidad tanto como el precio lo que vende hoy, y la calidad lo que atrae de regreso a los clientes por una segunda, tercera o decimoquinta vez.

Por muy buena que sea la calidad, el producto no podrá satisfacer al cliente si el precio es excesivo. No se puede definir la calidad sin tener en cuenta el precio. A diferencia de la década pasada en la que calidad y bajo precio eran antagónicos, ahora los dos van juntos y el que no toma en cuenta este cambio está fuera de mercado.

El control de costos y el control de calidad son dos caras de la misma moneda. Para hacer buen control de costo hay que aplicar un buen control de calidad. Cuando el control se ha de extender al volumen de producción, no se puede hacer un buen control de ésta, si hay fluctuaciones en el porcentaje defectuoso o si es preciso rechazar el lote.

Los costos aumentan temporalmente al mejorar la calidad de diseño; pero la compensación inmediata se encontrará en la capacidad que adquiere la empresa para satisfacer las exigencias de sus clientes y enfrentar con éxito la competencia en el mercado.

Si se mejora la "calidad de aceptación" paulatinamente disminuirán los defectos y aumentar el porcentaje de piezas de "paso directo". Habrá una disminución notable en el número de rechazos, en la corrección de piezas, en los ajustes y en los costos de inspección.

Hay que tomar en cuenta que un factor vital para que los equipos produzcan dentro de especificaciones y por lo tanto con buena calidad es imprescindible que se les tenga en óptimas condiciones de funcionamiento, sobre todo por el trabajo tan fino que deben desarrollar, para lo cual es de suma importancia contar con una adecuada administración del mantenimiento.

El incremento del interés público respecto a la calidad ha sido tan fuerte que está cambiando patrones económicos, legales y políticos que han prevalecido por mucho tiempo. Que dicho de otra manera, está rompiendo los paradigmas establecidos por mucho tiempo.

El logro y mantenimiento de niveles satisfactorios para el cliente con la calidad de productos y servicios es hoy un determinante fundamental para la salud, crecimiento y viabilidad económica de los negocios. La calidad se esta convirtiendo en un factor principal en el desarrollo e implantación exitosa de los programas administrativos e ingenieriles para la realización de las metas principales de los negocios.

Las relaciones humanas efectivas son básicas en el control de la calidad. Un resultado importante de esta actividad es su efecto positivo en el operador, creándole responsabilidades e interés en producir lentes de alta calidad.

En último análisis es como un par de manos humanas que efectúan operaciones importantes que afectan la calidad del producto. Es de mayor importancia para lograr éxito en el trabajo de control de calidad, que estas manos se encuentren guiadas en una forma experta, consciente y enfocadas a la calidad.

Ha habido en algunas industrias la tendencia de considerar ciertos requisitos de calidad básicos del cliente como algo "extra", mientras los clientes suponen que "son parte de cualquier" producto que compran. Esto crea la situación, por ejemplo, de ofrecimiento de lentes diciendo "con éstos, si va a poder ver bien", siendo que el cliente no piensa en comprar unos lentes con los que no vea, vea borroso o le provoque mareos y jaquecas por tener aberraciones en los mismos.

A semejanza del tema de la actividad histórica de inspección que era: "Las partes y productos malos no pasarán", el tema nuevo es " hagamos bien las cosas desde el principio". Que más que un "dicho", a pasado a ser una necesidad; se acentúa la importancia de la prevención de defectos, de tal suerte, que la rutina de inspección no constituya una necesidad ineludible. La responsabilidad de la verificación de la calidad no pesa sobre la inspección, sino sobre quienes producen las piezas.

### 3.3 Evolución del Control de Calidad

En lo que va del siglo la forma de cumplir con los requerimientos de calidad ha ido cambiando. Pasando de un control al que el operador le daba poca importancia a un control en el que el capataz o supervisor obligaba a los operarios a que rindieran, supervisando la ejecución de los trabajos y el resultado de los mismos.

Posteriormente se pusieron "filtros" o inspectores, encargados únicamente de revisar las piezas para asegurarse de que no saliese material defectuoso de la planta. En algunas plantas resultaba muy difícil verificar el 100% de las piezas, e imposible si se llevaban a cabo pruebas de tipo destructivo, tomando entonces la industria a fines de los 50's y principios de los 60's técnicas desarrolladas tiempo antes, basadas en muestreos estadísticos. Finalmente en la década de los 80's se llega al concepto de Control Total de Calidad o CTC.

Así fue cambiando la manera de llevar a cabo la administración de la calidad. Paralelamente esta administración llevaba la siguiente forma de pensar:

Hasta principios de la década de los 70's se hablaba de "rendimiento", donde un rendimiento del 90% significaba un 10% de partes defectuosas, siendo un 90% como muy bueno. Posteriormente se hablaba de "mermas", donde se trabajaba para tener mermas de menos del 5%.

Para los 80's, con la invasión de productos japoneses que entraron a muy bajos precios, pero que para estas fechas ya tenían muy alta calidad se cambiaron los estándares de los consumidores en lo referente al significado de la palabra "calidad".

Empezaron a aparecer frases como "La Calidad es lo Primero", "La Calidad es Nuestro Trabajo Número 1" y otras, con lo que se buscaba tener mermas de menos del 1%.

Los japoneses introdujeron una nueva unidad de medida sobre la calidad, hablando ya de partes por millón, o de "cero defectos".

Con esto tenemos que la meta de calidad ha crecido en cuatro órdenes de magnitud en los últimos 15 años.

La forma como sucedió esta evolución se puede apreciar en la figura 3.1.

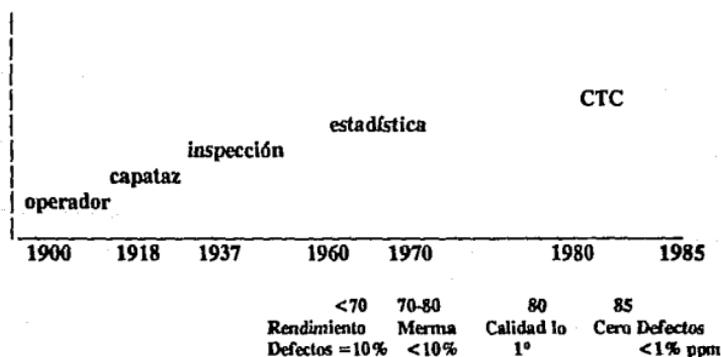


Fig. 3.1 Evolución de la administración, control y concepto de calidad.

Los niveles correctos de calidad significan un mejor uso de los recursos, no sólo de materias primas y suplementos de energía, sino también de personal, equipo e instalaciones.

Un principio de compra importante ha estado dominando en forma cada vez mayor a los mercados nacionales e internacionales: los compradores están ahora enfatizando cada vez más y más que la satisfacción al cliente que ellos buscan en sus compras, es un concepto de valor total de calidad por unidad de precio pagado, con un nuevo énfasis sobre economía, seguridad, servicio y confiabilidad mayores en productos y servicios. El cuidado en las compras ha mejorado más que casi cualquier otra habilidad.

Debido a este "desarrollo de habilidad" del consumidor, la industria ha tenido que desarrollar esta habilidad en un grado superlativo para sus propias adquisiciones de materia prima. En especial, podemos mencionar que la planta de bifocales no le vende al consumidor final, sino a un óptico que conoce perfectamente el producto, sabe como calificarlo y domina el mercado en el cual se encuentra la competencia. Por lo que hay que poner un mayor énfasis en la calidad que si se vendiese a un usuario final.

Aún en muchas fábricas altamente organizadas, existe hoy lo que podría ser llamada una "planta escondida" que suma desde el 40% hasta tanto como un 65% de la capacidad productiva, dependiendo sobre circunstancias particulares. Esta es la proporción de la capacidad de planta que existe para retrabajar partes insatisfactorias, reemplazar productos retractados del campo o volver a probar e inspeccionar unidades rechazadas. No hay mejor manera de mejorar la productividad, que el convertir esta planta escondida al uso productivo, y los programas modernos de calidad proporcionan una de las formas más importantes y prácticas para lograrlo.

Una acción adoptada por muchas empresas ha sido el establecimiento de un "premio" cuando logra conservar una buena reputación sobre la calidad de sus productos o servicios.

Esta imagen puede ser explotada entre los consumidores, por los departamentos de mercadotecnia y de ventas, y puede también ser un punto clave para la política de publicidad. Una reputación de calidad pobre, por otra parte, constituye uno de los puntos más difíciles, por su resistencia a la venta, que debe enfrentar una compañía.

La solución no es definitivamente no dejar salir de la planta los artículos defectuosos, sino evitar que se produzcan. Esto se logra con adoptando varias medidas preventivas, las cuales deben de ir acompañadas unas de otras y no solas. Una de ellas es la reducción de los tamaños de lotes del inventario en proceso, estandarización en los procesos y preparaciones de máquina que lo trataremos con mayor profundidad en los capítulos de inventarios y de producción.

Estas medidas ayudarían grandemente a otra que se tiene que tomar para levantar la calidad del producto y que es parte integral de la filosofía del Control Total de Calidad, CTC. Este es el concepto de "calidad en la fuente", que implica que cada operario sea el inspector y responsable de lo que está produciendo y de la operación que está realizando.

Cuando un operario detecta un lente defectuoso debe ser capaz de saber si el defecto fue originado en esa operación o en alguna anterior, si fue sólo un producto que se salió de especificaciones o si el proceso se está saliendo de los rangos aceptables y hay que reajustarlo.

Basado en lo anterior, es el operario quien debe decidir si retrabaja el lente, lo manda al proceso anterior, si sólo manda ese o el lote completo, si realiza algún tipo de ajuste en el equipo como cambiar el tiempo de proceso, cambiar el molde, ajustar la presión de las agujas, etc.

O si el defecto que descubrió ya no tiene solución y es material de desecho o de segunda, como podría ser el caso de que en el pulido del convexo se encontrarán rayas o puntos dentro del botón.

Por la misma forma del proceso se tiene la oportunidad de que el operario inspeccione al 100% el material que acaba de procesar mientras se procesa el siguiente par, como se puede constatar en los diagramas de actividades múltiples. De esta manera cualquier problema o defecto es detectado en el mismo lugar donde se genera, o a más tardar una operación posterior.

Este proceso llega a su máxima expresión en la operación y podemos decir que se les ha transmitido y ha captado la filosofía de calidad los operarios cuando se les da el poder de parar la producción de una línea o un celda tecnológica cuando detectan algún problema con los lentes para que sus compañeros de línea o celda se acerquen y entre todos determinen y resuelvan el problema desde su misma causa u origen. Este proceso puede llevar varios años. Sin embargo si es posible empezar por capacitarlos y responsabilizarlos de su propia producción.

La reputación de calidad no es un acontecimiento fortuito. Es el resultado directo de las políticas internas de una compañía relacionadas con el establecimiento y mantenimiento de programas de calidad agresivos y bien planeados.

En el pasado los programas tradicionales de calidad eran considerados como una función única en la compañía. En vez de esto hoy deben ser reconocidos como un grupo sistemático de disciplinas de calidad para ser aplicadas en una base coordinada por todas las funciones a través de toda la compañía y la planta.

La administración ha estado pagando un alto precio por la organización de la calidad en muchas plantas y compañías. Por tanto el punto en la organización de la calidad hoy no es: "¿Deberemos organizar para administrar las tareas del control de calidad?", sino, "¿Cuál es el tipo de organización de la calidad más efectivo, para proporcionar satisfacción al cliente con costos bajos?".

**Primer principio de la organización:** "La calidad es tarea de todo el mundo en un negocio".

**Segundo principio de la organización:** "Debido a que la calidad es tarea de todo el mundo en un negocio (colorario del primero) puede convertirse en la tarea de nadie".

La productividad puede considerarse como: La efectividad con la que los recursos de insumos de personal, materiales, maquinaria, información en una planta se traduce a salidas de producción orientadas a la satisfacción del cliente, y que hoy implican todas las actividades relevantes de mercadotecnia, ingeniería, producción y servicio de la planta, en vez de únicamente las actividades de los trabajadores de la fábrica, donde se ha concentrado la atención tradicional.

Un control deficiente sobre la calidad durante la producción activa puede originar problemas financieros de forma más ardua que los gastos originados por las pérdidas, reclamaciones o los gastos legales.

Se puede reflejar en el aumento de los costos planificados para realizar una segunda operación. "Para estar más seguros".

Se puede reflejar en las condiciones de un inventario no ajustado, debido a los periódicos rechazos de lotes o piezas que obligan a los paros en producción, mientras que se tengan que trabajar esos lotes adicionales. Se puede reflejar una sobrecarga para las máquinas o en el procedimiento informal de comunicación escrita para ordenar un pequeño porcentaje extra, a fin de cubrir los posibles rechazos.

Puede ocasionar escasez de partes que ocasionen tiempos perdidos en operaciones posteriores. Pueden necesitarse programas de tiempo extra o hasta la compra de instalación de producción. Por lo que esto debe estar considerado. Se debe de obtener el porcentaje neto de rendimiento de la operación y esta información se le debe de alimentar al MRP.

Estas situaciones sobre los costos, justifican ampliamente la necesidad de un control adecuado de sus productos.

### 3.4 Técnicas para el mejoramiento de la Calidad

Los requerimientos de los clientes son muy dinámicos, cambian continuamente y año tras año se exige una mayor calidad. Las normas que eran suficientes en el momento de fijarse se tornan obsoletas con gran rapidez.

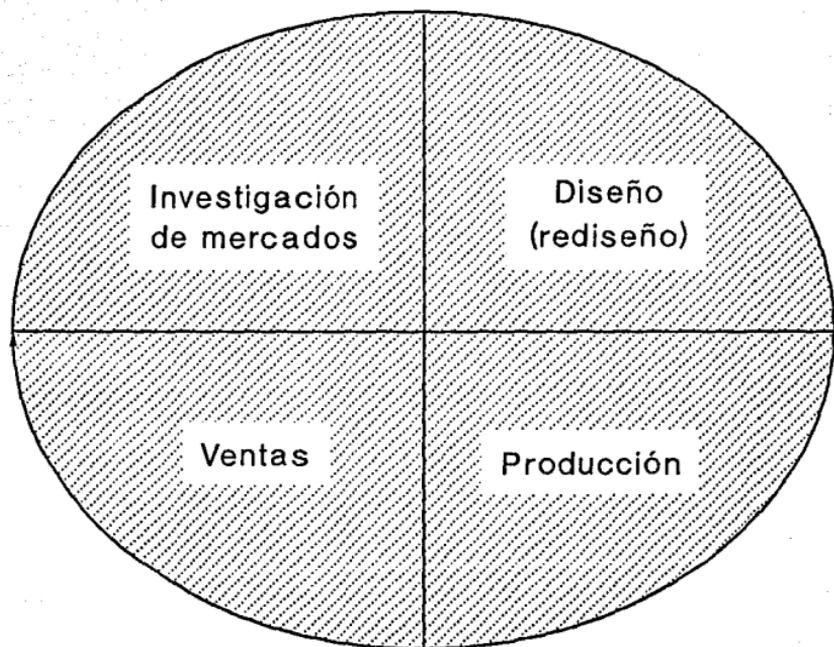
Al aplicar el CC no se pretende cumplir sólo con normas de la empresa o nacionales, sino que la meta debe ser cumplir los requerimientos de calidad de los consumidores.

En la práctica se tienen que revisar y mejorar las normas de calidad constantemente. Con base en estos conceptos surgió el ciclo de calidad de Deming, expuesto a continuación en la figura 3.2.

Como muestra el diagrama se tiene un ciclo de diseño, producción, ventas e investigación de mercado, seguido de otro ciclo que empieza con el rediseño basado en la experiencia del ciclo anterior, se manda a producción y así sucesivamente.

De esta manera, el rediseño se da continuamente y la calidad tiende a mejorar constantemente. Así tenemos que el primer paso en el CC es conocer los requisitos de los consumidores para saber que es lo que estarán dispuestos a comprar.

Desde el diseño se deben prever los posibles defectos y reclamos que se pueden tener, ya que por mucho que se esfuerce la división de manufactura será imposible resolver los problemas de confiabilidad, seguridad y economía del producto si el diseño es defectuoso o los materiales mediocres.



*Fig. 3.2*      *Ciclo de Calidad de Deming*

Cuando no se analizan los efectos que se tendrán al conjugar diferentes causas se puede caer en un círculo vicioso, en el que cuantos más defectos se producen más suben los costos por fallas. La respuesta tradicional a este problema ha sido: a mayor número de fallas mayor inspección, lo cual significa costos de evaluación mayores y no un menor índice de fallas.

Históricamente bajo el concepto tradicional de CC las fallas y evaluación tienen la tendencia de marchar juntas y que es extremadamente difícil hacerlas bajar una vez que han tomado ímpetu hacia arriba.

Si se producen artículos defectuosos en diversas etapas del proceso de fabricación no bastará la inspección estricta para eliminarlos.

Si en vez de acudir a la inspección dejamos de producir artículos defectuosos desde el comienzo, analizando las causas que llevaron a un determinado efecto, controlando los factores del proceso que ocasionan productos defectuosos o moldes desgastados y fuera de curva, como los diámetros y las profundidades en las contracurvas, se tendrán considerables ahorros en tiempo y dinero, que de otra manera se gastarían en inspección y procesos subsecuentes.

Además, tenemos que la retroalimentación que va de la división de inspección a la de manufactura puede tomar demasiado tiempo. No siempre es fácil que producción utilice estos datos para prevenir la repetición de errores, ya que la información puede llegar cuando ya se terminó la corrida y sólo servirá, tal vez, para corridas posteriores o que llegue cuando ya han salido varios lentes defectuosos.

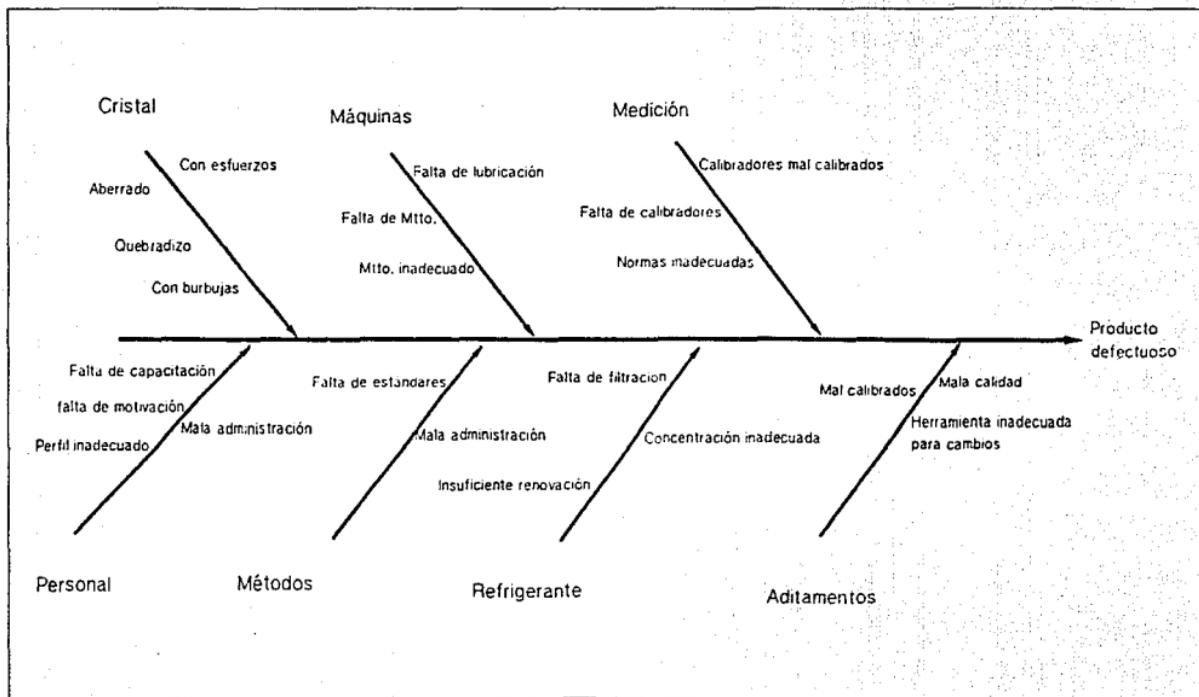
En cambio si al trabajador de piso responsable por cierto producto o proceso se le asigna la tarea de inspeccionar su mismo trabajo la retroalimentación que se genera es instantánea, permitiendo tomar acción al primer defecto que se genere, reduciendo drásticamente el número de lentes defectuosos o de retrabajo.

Esta es una de las características importantes del programa de calidad total; control en la fuente. Tiene un efecto positivo al estimular y construir la responsabilidad del operador para que se interese en la calidad del producto. La cual puede ir revisando él mismo en su estación de trabajo.

Cabe mencionar el Diagrama de Causa y Efecto, Diagrama de Espinas de Pescado o también conocido como Diagrama de Ishikawa, mostrado en la figura 3.3, el cual esquematiza la forma en que el proceso o conjunto de factores causales tiene que controlarse a fin de obtener mejores productos y efectos. Este enfoque prevé los problemas y los evita antes de que ocurran.

Este diagrama se puede tener en un tablero dibujado en piso. Cada vez que ocurra alguna falla en algún punto del proceso de fabricación, los operarios irán anotando sobre el mismo, la falla que encontraron y su posible causa.

Este proceso entra bajo el esquema de calidad total o calidad en la fuente. Periódicamente se reunirá el grupo y revisará las fallas que se han presentado y su frecuencia. Analizando cada una de ellas, determinando la causa real y proponiendo soluciones. De manera que una a una se vayan corrigiendo desde su raíz, empezando por aquellas que presentan un mayor riesgo y mayores frecuencias.



**Fig. 3.3** Diagrama de Ishikawa o de Espinas de Pescado.

También aquí aplicará la regla del "80 / 20", de tal manera que una vez que se halla corregido el 20% de los problemas mas críticos, se habrá reducido el número de lentes defectuosos en un 80% aproximadamente.

Se podría decir que al aplicar el CC habrá aumento de costos y descenso en la productividad. Si el CC es sinónimo de inspección los costos realmente aumentarán, sobre todo si nos ceñimos al viejo estilo de CC que hace hincapié en la inspección. También es cierto que al aumentar la calidad del diseño el costo se incrementa, pero al mejorar la calidad de aceptación disminuirá la frecuencia de defectos, correcciones, retrabajos y ajustes, con lo cual se rebajan los costos y se mejora la productividad.

Más aún, si la calidad del diseño está a la altura de los requisitos del consumidor las ventas aumentarán al poder incrementar nuestra participación de mercado, pudiendo paulatinamente ir mejorando las economías de escala.

La calidad debe incorporarse dentro de cada diseño y de cada proceso. No se puede crear mediante la inspección. El CC que hace hincapié en la inspección es anticuado, los inspectores son personal que reducen la productividad global de la empresa, no producen. La inspección es necesaria sólo porque existen defectos y artículos defectuosos, si éstos desaparecieran los inspectores serían innecesarios. El CC llega a su estado ideal cuando ya no requiere vigilancia o inspección.

En el caso de los lentes bifocales si se logra implantar un sistema de CTC sólo hará falta un inspector, antes del empaque final, que también será personal operativo dedicándose simultáneamente a la medición y clasificación de los lentes por el tamaño de la oblea y su adición.

Todo proceso presenta ciertas variaciones, o sea que por muy bien hecho que esté un pulido siempre habrá diferencias entre un lente y otro, sin embargo, la tolerancia máxima permitida no debe de ser visible a simple vista para que sea un artículo con las especificaciones de calidad requeridas por el mercado.

Y es precisamente cuando el proceso se sale de su límite máximo permitido, cuando encontramos que hay problemas de calidad y se tiene que llevar a cabo alguna de las acciones antes mencionadas.

Así, podemos tener control sobre nuestro efecto deseado, que es el de tener una producción con un alto porcentaje de piezas aceptables mediante el control de las causas.

Los tiempos de proceso deben ser suficientemente grandes para que al terminar cada una de las operaciones y en especial el pulido del vidrio quede perfectamente liso, sin puntos ni rayas por pequeñas que éstas sean. Es preferible que a las operaciones se les agreguen unos segundos extras a lo largo de todo el proceso, que tener que retrabajar o desechar el material.

Así como la profundidad de la contracurva en la oblea debe ser tal que abarque por igual a todos los lentes a pesar de las diferencias de espesor en los mismos para evitar variaciones posteriores en el tamaño de la oblea, como se verá en el capítulo de producción; de igual manera los tiempos de proceso deben de ser capaces de dejar todos los lentes con el mismo acabado.

Como se mencionó será muy difícil poder eliminar la inspección final dadas las características de calidad inherentes al producto; los problemas de calidad en su gran mayoría son detectados de manera visual y son de dimensiones apenas perceptibles, incluso a una persona entrenada le cuesta a veces trabajo detectarlos. Por lo que es poco probable que se pudiese llegar a eliminar ese último filtro. Sin embargo, mediante una filosofía de Control Total de Calidad sí podemos hacer que el porcentaje de aceptación sea cada vez mayor.

Además, se podría considerar que un producto es defectuoso cuando es inutilizable y hay que desecharlo o venderlo como de segunda. Pero en realidad los artículos corregidos, los de aceptación especial y los ajustados son todos defectuosos. En general lo es todo aquel que requiere modificación o retrabajo por no cumplir inicialmente con las normas aunque el producto final pase las especificaciones.

En el ensamblado se hace un buen producto cuando éste pasa directamente de la primera operación a la última sin ajustes ni modificaciones. La tasa de productos buenos elaborados de esta manera es el denominado porcentaje de paso directo.

Estos requisitos NO se deben considerar como algo "extra", ya que los clientes suponen que son parte misma del producto que compran. En donde se tiene la situación donde el vendedor justifica su precio argumentando que el bifocal no tiene aberraciones ni puntos, que las obleas de ambos ojos son del mismo tamaño. Pero normalmente ningún cliente, como ya se mencionó, escogería unos lentes aberrados, con los que no pudiese ver o con las obleas de distinto tamaño.

Recordando una vez más que el cliente de la fábrica no es el usuario final, sino un laboratorio óptico, con personal perfectamente entrenado y quien detectará cualquier falla que pudiese tener el lente. Y quien también conoce qué otros proveedores existen en el medio para abastecerlo.

Asimismo, el laboratorio no querrá quemarse con sus clientes, ya que los consumidores no suelen quejarse cuando no es un artículo muy costoso como es el caso del bifocal. Sus quejas son latentes u ocultas y cuando compran un artículo similar simplemente optan por otra marca. Lo que representa un problema muy serio para la compañía, tener una idea errónea de lo que el cliente piensa o siente de su producto poco a poco le irá costando pérdida en la participación del mercado. Muchas veces sin enterarse o por lo menos sin saber la causa real del problema.

Suponiendo que se empezase a dar este fenómeno se pueden realizar encuestas entre los consumidores para convertir sus quejas potenciales en reales. Al empezar con encuestas de este tipo, suele notarse un considerable aumento del número de quejas. Este puede ser el inicio de un programa de CC y el aumento en las quejas es señal clara de que el programa empieza a funcionar. Posteriormente, a medida que la calidad aumenta el número de quejas disminuye, además de que desde el principio se puede verificar en dónde está fallando la calidad del producto. Hay que recordar que quien pone los parámetros de calidad no es ninguna de las áreas de la empresa, sino el cliente.

## **CAPITULO 4 :**

### **PRODUCCION**

#### **4.1 Proceso Productivo**

El proceso de producción tiene la finalidad de transformar la materia prima, los vidrios ópticos en bruto, en producto terminado; lentes bifocales.

Este proceso puede ser llevado a cabo con distintas técnicas de manufactura aunque las operaciones y su secuencia estén predeterminados por el producto y los equipos.

Una de las técnicas más utilizadas en producción es la que se basa en la explosión de la lista de materiales con desfaseamiento en el tiempo, el MRP ( Material Requirement Planning o Planeación de Requerimientos de Material ), la cual será tratada más a detalle en el capítulo de inventarios. Esta técnica parte del Plan Maestro de Producción compuesto de pronósticos de venta y pedidos en firme del producto terminado, de ahí se parte para realizar los cálculos de qué, cuánto y cuándo se tiene que mandar pedir de material, fabricar, fundir, ensamblar, etc.

Esta técnica ha demostrado ser excelente para efectos de planeación, sin embargo no es muy efectiva para el control de la producción. Por lo que solamente la incluiremos para efectos de planeación en abastecimientos y para costeo estándar del producto.

Para el control de la producción se proponen los conceptos de Justo A Tiempo; JAT (también conocido como JIT por sus siglas en inglés). La cual a diferencia del MRP no es una técnica, sino una filosofía, la cual se apoya en varios conceptos y técnicas.

Algunos de estos conceptos y técnicas más relevantes son los siguientes:

- 1) Calidad Total
- 2) TPM (Mantenimiento Total Productivo)
- 3) Desarrollo y Certificación de Proveedores
- 4) Lotes de una Pieza (como meta lograble)
- 5) Creación de Celdas Tecnológicas (cuando aplique)
- 6) Reducción al máximo posible del inventario (incluido inventario en proceso)
- 7) Respeto a los trabajadores (su opinión y sugerencias son dignas de tomarse en cuenta)
- 8) Todo lo que no agrega valor al producto es desperdicio
- 9) Mejora Continua
- 10) Tiempos rápidos de preparación

*1) Calidad Total.*- Se considera uno de los elementos más importantes del sistema. Además se ha probado que es un factor crítico de éxito en la competitividad. Queda contemplado la denominada calidad en la fuente, donde cada trabajador se responsabiliza de realizar su producción con calidad, tomando él mismo las mediciones muestrales críticas, llevando el control estadístico de proceso e incluso parando la línea o la celda si detecta que le están pasando material con defectos. A este tema se le dedica un capítulo completo dada su importancia.

*2) Mantenimiento Total Productivo, TPM.*- La nueva filosofía en manufactura no es que las máquinas estén operando todo el tiempo, sino que operen cuando se les necesita y más importante aún, que operen dando un producto dentro de especificaciones.

Para llegar a esto es necesario contar y cumplir con un buen programa de mantenimientos preventivos, realizándose éstos puntualmente y bajo las especificaciones del fabricante. Una vez alcanzado este punto se involucra a los mismos operarios a que ellos mismos realicen el mantenimiento rutinario, limpieza de sus equipos y lubricación. Mientras el personal de mantenimiento se dedica a labores de más alto nivel como rediseños para disminución del tiempo de cambios.

*3) Desarrollo y Certificación de Proveedores.*- Anteriormente se intentaba tener muchos proveedores, para que en caso de que alguno fallara tener otras opciones de abastecimiento, siempre tratando de tener además el mejor precio. Una de las finalidades del programa de certificación de proveedores es tener los menos posibles, pero desarrollando con ellos una relación de ganar-ganar, de asociados. De tal manera que conozcan mi proceso, les pueda dar asesoría, respaldarlos, ayudarlos a crecer para que me hagan las entregas a tiempo y con la calidad que necesito. Cuantos menos proveedores se tengan menores serán los costos administrativos y se podrán establecer mejores relaciones y mas simplificadas. De forma que cada que se certifica a un proveedor ya no se inspecciona su material, se confía en el. Además se confía en que surtirá a tiempo. Esto impacta directamente en la cantidad de inventario de materia prima que se tiene que llevar.

*4) Tiempos Rápidos de Preparación.*- Este es un factor esencial para la reducción de los tiempos de ciclo, por lo tanto del tiempo de producción total y de reducción del inventario en proceso. Tiene un fuerte impacto en la reducción de los costos indirectos, por lo que además abarata el material. El tiempo de preparación normalmente se considera desde que se empiezan a cambiar los herramientas y los aditamentos.

Bajo la filosofía del Justo A Tiempo el tiempo de preparación empieza a contar desde que se produce el último lente bueno (dentro de especificaciones) de una corrida hasta que sale el primer lente bueno del siguiente lote. Por lo que hay que añadir el tiempo de desmontar el herramental anterior, limpiezas necesarias, ajustes e incluso el tiempo que la máquina produce los primeros lentes que no están dentro de especificaciones.

El tiempo de preparación se asocia con el costo de preparación, el cual se utiliza en la fórmula de cantidad de lote óptimo. Cuanto mayor el tiempo mayor el costo y por lo tanto se forza a realizar corridas de lotes grandes restando flexibilidad a la planta y manteniendo mucho inventario en proceso. Para la reducción del tiempo de preparación puede implicar modificaciones a las máquinas, rediseños, entrenamiento y tener personal especializado y dedicado como apoyo a los operadores. Mejorar la planeación para saber que cambios son los que se tendrán que realizar a un equipo y tener listas las herramientas y aditamentos. Todo esto está englobado en lo que se conoce como técnicas SMED (Single Minute Exchange Die o Cambio de Dados en Un Minuto), donde lo que se pretende es que cualquier cambio o preparación se realice en un tiempo de un dígito expresado en minutos, o sea, menos de diez minutos.

*5) Lotes de Una Pieza.*- Muy de la mano del punto anterior una vez que se han reducido los tiempos de cambio se pueden realizar corridas de lotes muy pequeños, tendiendo a una pieza. No es forzoso que se hagan corridas de lotes de uno, lo que es importante es que la planta esté preparada y pueda realizar corridas en lotes muy pequeños, cuando logra esto, obtiene una asombrosa flexibilidad, pudiendo entonces reaccionar de forma inmediata a los cambios del mercado y de las necesidades de los clientes al poder cambiar los planes de producción constantemente sin que esto le implique ningún gasto ni retraso.

Tiene una implicación directa en la disminución del inventario en proceso. De forma que si el laboratorio cambia su pedido de lentes Krip-Tok a Flat-Top repentinamente se pueda cambiar la producción rápidamente, terminando lo que se está procesando, lo que es poco.

Junto con este concepto va otro que incluiré en este apartado, que es el de Sistemas Flexibles de Manufactura, conocidos por FMS. Que tienen como finalidad la capacidad de producir en lotes pequeños y realizar frecuentes cambios con poco inventario en proceso. A menudo implica tener muchas máquinas de poca capacidad en vez de una sola gigantesca, emparejando estas capacidades con las economías de escala que puede tener la planta. Los FMS en su máxima expresión se alcanzan cuando inclusive se pueden mover los equipos de forma que se redistribuya la planta para satisfacer las necesidades del momento, esto por supuesto sin que tome mayor tiempo ni elevados costos. En el caso de los lentes bifocales por el tamaño de los equipos esto es posible poder llegar a realizarlo.

6) *Creación de Celdas Tecnológicas.*- Una celda es una agrupación de máquinas que se destinarán a una gama de productos. A comparación de las fórmulas antiguas en que las máquinas se agrupaban para destinarse a un tipo de operaciones; pulidoras, generadoras, afinadoras, etc. Lo que se pretende es que en una celda se fabriquen las obleas, desde el generado al pulido, en otra celda se fabriquen los lentes con su contracurva, y en otra se dé el terminado al fundido, también desde el generado hasta el pulido. Con esto, se logra que la celda al estar diseñada para productos similares siempre está preparada para fabricarlos y sólo hay que hacer cambios menores de ajuste. Logrando además los lotes pequeños.

Así se toma por ejemplo un lente, se mete a la generadora, al salir se manda a la afinadora que está también preparada para ese mismo lente y se mete uno nuevo a la generadora. Al terminar los procesos el de la afinadora pasa a la pulidora, el de la generadora a la afinadora y entra uno nuevo a la generadora. El lote de producción se vuelve de uno. Si los tiempos de proceso son muy diferentes podrá haber dos pulidoras en una misma celda. En el momento en que se detecta un problema de calidad se para toda la celda, de manera que no hay más piezas defectuosas que las que se encuentren en la celda y no todo el lote.

En una celda cuando una estación de trabajo termina su trabajo no se lo pasa a la siguiente a menos de que esté lista para recibirlo, por lo que no hay acumulación de material, ni se agranda el inventario en proceso y los problemas se detectan y corrigen muy rápidamente a muy bajo costo. Bajo este esquema se vuelve más aparente, que capacidad de producción está determinada por la máquina con mayor capacidad. Pero esto también es cierto bajo el sistema antiguo de acomodar los equipos, simplemente que se disimulaba al seguir trabajando y acumulando material, como lo demuestra la Teoría de Restricciones.

7) *Disminución de los Inventarios.*- Existen muchos tipos de inventarios en un ambiente de manufactura. El de materia prima, el de inventario en proceso, de productos semiterminados y de refacciones. El inventario de producto terminado no se le considera de manufactura, sino de distribución.

Como vimos en los puntos anteriores al irlos desarrollando tenemos que los inventarios se van reduciendo como un efecto, no como un fin en si mismo.

De manera que conforme se desarrollan y certifican proveedores será posible ir reduciendo el inventario de materia prima, y con tiempos rápidos de preparación, sistemas flexibles de manufactura, celdas tecnológicas, mejor calidad y mejores programas de mantenimiento se irán reduciendo los inventarios en proceso. Asimismo como se puede reaccionar más rápido se podrá también reducir el inventario de producto terminado.

Como vemos hablar de JAT no es simplemente hablar de reducciones de inventario ni algo imposible de acercarnos.

8) *Respeto a los Trabajadores.*- Mucho se ha hablado de los famosos círculos de calidad, por lo que no haré ningún análisis de ellos aquí, sólo tomaré en cuenta los beneficios que han aportado mediante las ideas de los trabajadores para mejorar los procesos. Pero no sólo al tomar en cuenta las ideas de los trabajadores generadas en los círculos de calidad se muestra el respeto hacia la capacidad de los operarios, otra muestra es cuando se les da la autorización de parar el proceso de fabricación cuando en una celda detectan problemas y todos van a ayudar a resolver el problema de raíz. Está comprobado que cuando a los trabajadores se les muestra ese respeto e interés por su trabajo se esfuerzan en mejorarlo constantemente y los hace tener una actitud más responsable hacia su trabajo.

9) *"Todo lo que no Agrega Valor es Desperdicio".*- Trabajando bajo esta máxima lo que se logra es ir reduciendo del proceso tanto productivo como administrativo todas aquellas actividades que no agregan valor, pero sí ocasionan costos, inflexibilidad, tiempos de rezago, etc. Esto se debe de incorporar a lo largo de toda la cadena de valor de la compañía, desde el pedido para que nos surtan la materia prima hasta la venta, la distribución y la facturación. Todo con el fin de ser más competitivos.

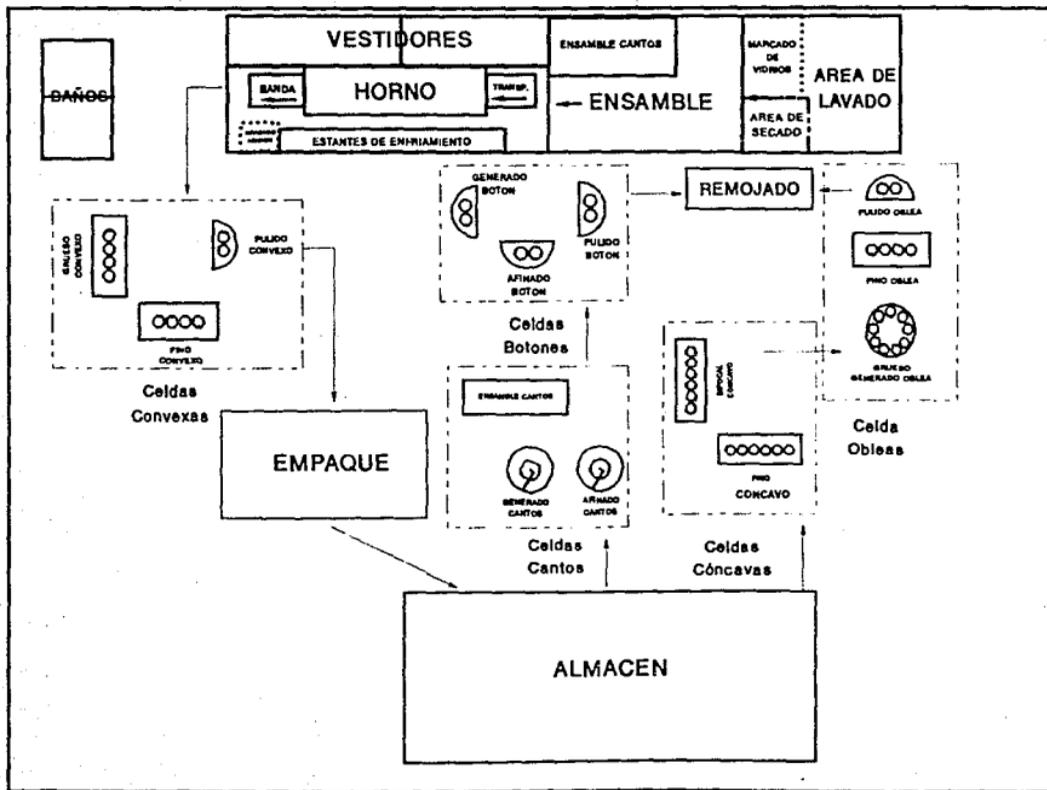


Fig. 4.1 Diagrama de una planta organizada por celdas tecnológicas

**10) Mejora Continua.**- Ligado directamente al punto anterior y a la calidad total. Esto también entra dentro de la filosofía del JAT. La cual ha hecho a muchas compañías muy competitivas. En el caso de los lentes bifocales la competencia es fuerte y el producto no es muy diferenciado, por lo que debe de satisfacer perfectamente las normas establecidas de calidad, pero a la vez debe de ser muy competitivo en costo, para lo cual ayuda mucho la filosofía de JAT.

Como el JAT no es una técnica sino una filosofía parte de los cambios administrativos parte de los cambios que se tienen que hacer son operativos, pero otra parte tiene que realizarse por medio de un proceso de culturización de la empresa a todos los niveles.

Dada la importancia que tienen los inventarios y que jamás se podrán eliminar, ya que al menos tiene que existir el inventario en proceso se dedica un capítulo completo a los mismos. A continuación en la figura 4.1 se muestra otro layout propuesto de la planta, organizado por celdas tecnológicas.

## 4.2 Descripción de las Operaciones

A continuación se ennumeran y describen todos y cada una de las operaciones que se realizan en el proceso de fabricación de los lentes bifocales.

En forma general están en la misma secuencia en que son ejecutadas, sin embargo algunas de ellas se realizan más de una vez.

La secuencia exacta en la que se efectúan viene explícita en el cursograma sinóptico de la Fig 4.2. En donde se describirán específicamente cada operación según el momento o paso determinado que se esté efectuando.

### **Generado.-**

Esta operación consiste básicamente en darle la curva necesaria al vidrio. Esto se logra mediante el empleo de diamante grueso o rudo, con el cual se tiene un rápido desbaste del vidrio. Al acabado que queda después de realizada esta operación se le llama "acabado rudo". El diamante viene en granos "grandes" de diamante compactado en botones llamados "pellets".

### **Afinado.-**

En esta operación se talla el vidrio con diamante fino, se utiliza para eliminar las asperezas que deja el rudo, teniendo un mejor acabado, más liso, al que se le denomina "fino". En este caso los "pellets" están compuestos por un polvo de diamante más fino que en el anterior.

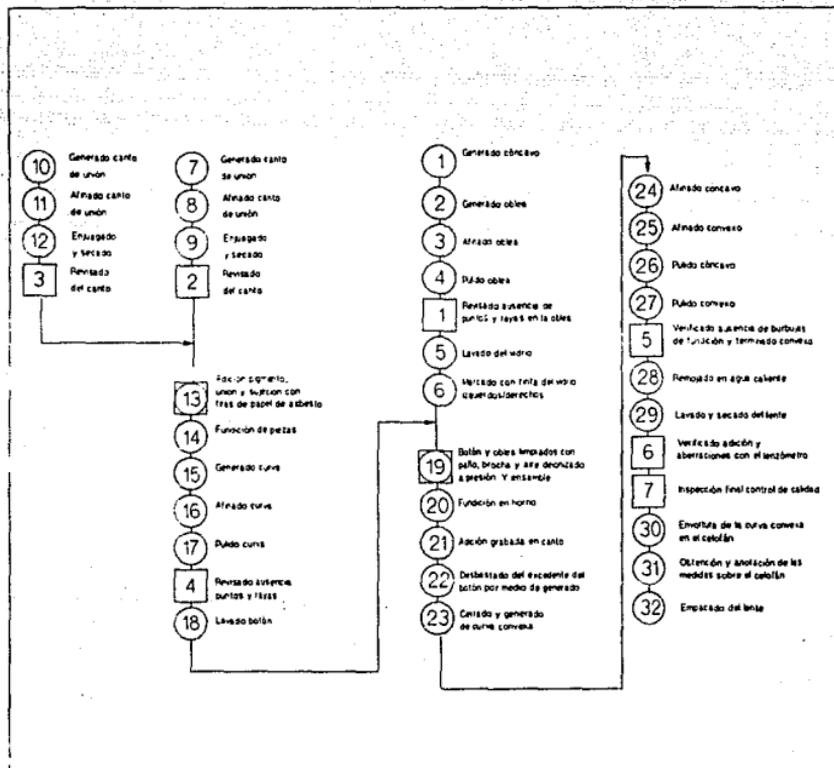


Fig. 4.2 Cursograma sinóptico: Ensamble de lente bifocal Flat Top

Tanto en generado como en afinado el tiempo de operación en la máquina debe ser el menor posible, sólo el necesario para darle la curva o alisar la superficie; según el caso, ya que al trabajar con diamantes se desgasta mucho el vidrio, además del desgaste de los mismos pellets de diamante.

Si se está trabajando el convexo y ya se ha fusionado el botón el resultado es una disminución en el tamaño de la oblea, lo que repercute directamente en el precio de venta.

Si el vidrio sale con un grosor muy delgado, puede ocasionar que se desperdicie todo el lente ya terminado, dado que debe tener un mínimo de espesor para entregárselo al laboratorio óptico, el cliente de la fábrica, el cual todavía tendrá que desbastar por el cóncavo para darle el aumento necesario. El lente ya terminado deberá tener un cierto espesor mínimo para que tenga suficiente resistencia al impacto por cuestiones de seguridad.

Al generarse la contra-curva, es decir, donde ha de asentar el botón se ha de tomar una muestra de los vidrios para medir su grosor, y tomar como base el más delgado. Los vidrios más gruesos serán mas rebajados, pero con esto lo que logramos es tener un tamaño uniforme de contra curva. Si se tomara la media, los vidrios con un menor grosor tendrían contra-curvas más pequeñas, variando según el grosor. Perdiendo así el control sobre el producto terminado.

Lo anterior es principalmente importante en el Flat-Top, ya que al final se tendrán más lentes nones los cuales no se podrán vender hasta que no salga un lente que les haga juego, o sea, con el mismo tamaño de la oblea y con la misma adición.

Siendo que las variaciones en grosor son muy pequeñas no importa que haya un mayor desgaste del vidrio en esta parte con tal de uniformizar la producción y no aumentar los inventarios de lentes nones.

Los moldes con diamante para el generado y el afinado se pueden conseguir de dos maneras:

- Comprando el molde ya fabricado con el diamante y la curva deseada, lo cual sale muy caro o
- Comprando los moldes de acero sin el diamante pero con la curva, a éstos se les pegan los pellets de diamante y por medio de un esmerilado se les hace que queden con la curva final correcta.

Esto es mucho mas económico, pero se le tiene que dedicar mano de obra, además de que el rendimiento por molde es un poco menor.

### **Pulido.-**

Con esta operación se logra el terminado de la curva a la que se aplica. Al término de ésta la superficie debe quedar completamente lisa, libre de rayas y puntos. El acabado que debe tener la superficie al finalizar esta operación debe ser perfecto.

Esta operación será crítica en mayor o menor grado dependiendo de donde se esté efectuando. El pulido del cóncavo por ejemplo no es crítico, se le da únicamente para visualizar mejor defectos de acabado, sin embargo es una de las operaciones más críticas cuando se realiza en las obleas, ya que de realizarse el ensamblado con un defecto ahí, provocaría la pérdida del material con el trabajo invertido en el mismo.

El pulido se realiza con algún tipo de tela esponjosa y suave como de fieltro o de poliuretano, adherida a un molde con la curvatura necesaria.

Dado que en el generado, el afinado y en el pulido hay una remoción tanto del material de los lentes como del material de los moldes y el desgaste en estos últimos no siempre es uniforme, por diferentes razones, hay que estar verificando regularmente la curvatura con la que van saliendo los lentes para no producir lentes que estén "fuera de curva". Para en el momento en que esto empiece a suceder, mandar rectificar el molde, de lo que se hablará un poco más adelante.

A continuación se muestran las figuras que muestran cómo revisar la curvatura del molde y cómo se da la curva para la oblea.

Esta "inspección" la debe realizar en la estación de trabajo el operario para uno de cada 10 o 15 pares. No es necesario realizarla al 100%, ya que lo que se está revisando es que el proceso no se salga de control.

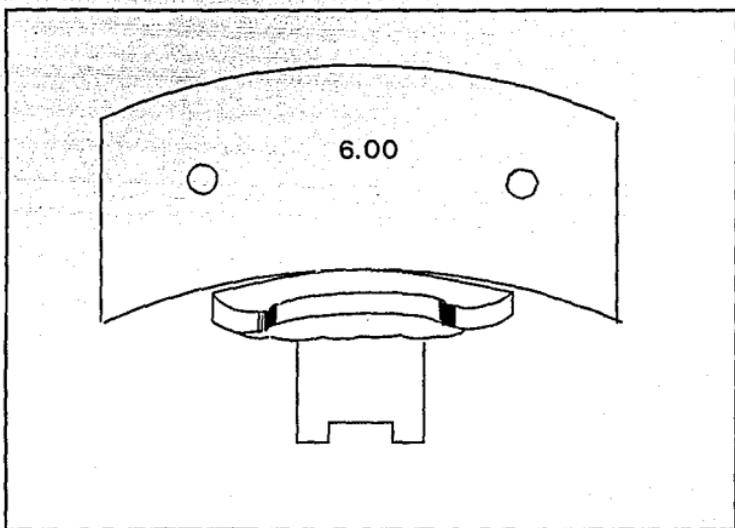
Se puede realizar con placas de curvatura como las que se muestran en la figura 4.3 y que pueden servir para los vidrios, o con calibradores de profundidad para los botones y las contracurvas como se muestra en la figura 4.4. Estas operaciones tienen un rango de duración de 30 segundos a dos minutos dependiendo de la operación y la fase que se esté llevando a cabo.

En las tres operaciones antes descritas al efectuarse, se les irrija con un líquido lubricante y refrigerante el cual evita que se raye el vidrio o que se rompa al no soportar la presión de las agujas y la alta temperatura que alcanza debido a la fricción. El chorro de este líquido debe ser constante y directo.

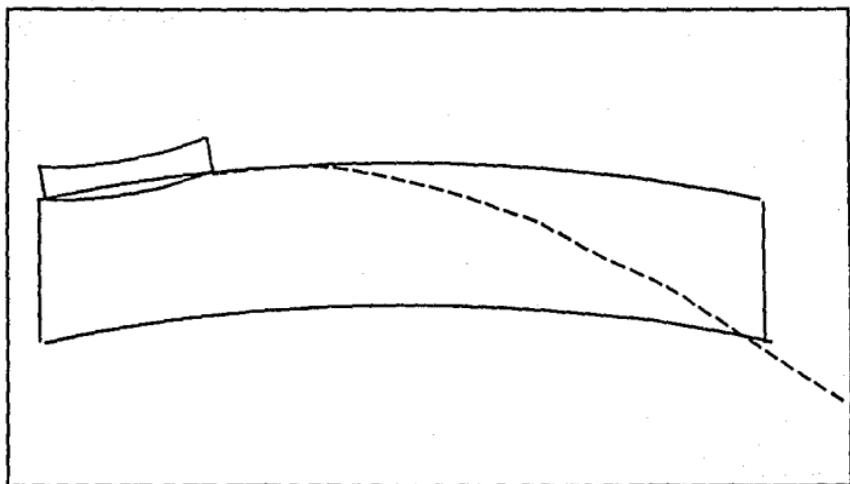
Para evitar el desperdicio del mismo es recirculado con una bomba. Después de caer sobre el vidrio que está siendo procesado se le recolecta y se le filtra para que cuando se recircule regrese libre de partículas de vidrio las cuales lo rayarían echando a perder el siguiente trabajo.

#### **Remojado.-**

En esta operación se remoja el vidrio procesado en agua caliente en circulación, para que posteriormente en el lavado sea más fácil la remoción del líquido refrigerante el cual si se deja secar deja una capa salitrosa sobre el vidrio, difícil de quitar. El tiempo de esta operación debe ser de aproximadamente una hora.



*Fig. 4.3 Placa de curvatura revisando la curva de un molde.*



*Fig. 4.4      Curvatura de la contracurva*

#### **Lavado.-**

El material debe ser lavado antes de pasar a ensamble o a la inspección final y al empaclado. Si el material no queda perfectamente limpio antes del ensamblado el material y la mano de obra invertida serán desperdiciados si en la inspección previa no se detecta.

Al final, con el producto ya terminado el lente se lava y seca para que control de calidad pueda revisar bien los vidrios y al empacarse se mande un producto limpio. El proceso de CTC como se mencionó lleva tiempo y la inspección, sobre todo la final no se puede quitar de un día para otro, por lo que es válido considerarla.

#### **Marcado.-**

Con esta operación se marca el vidrio con dos puntos de tinta a los lados de cada oblea. Esta operación sólo se realiza para los bifocales Flat-Top y es para identificar la posición exacta como se ha de ensamblar el botón, o sea, como quedará la línea divisoria del "upper" y "lower", definiéndose así si el lente será derecho o izquierdo.

#### **Ensamblado de "lower" y "upper".-**

Consiste en unir al "lower" y al "upper" por sus cantos y mantenerlos unidos por medio de una cinta no inflamable para mandarlos a fundición y obtener una sola pieza que a partir de ese momento se llamará botón. Esta operación sólo se realiza para los botones del Flat-Top.

### **Ensamblado botón y vidrio.-**

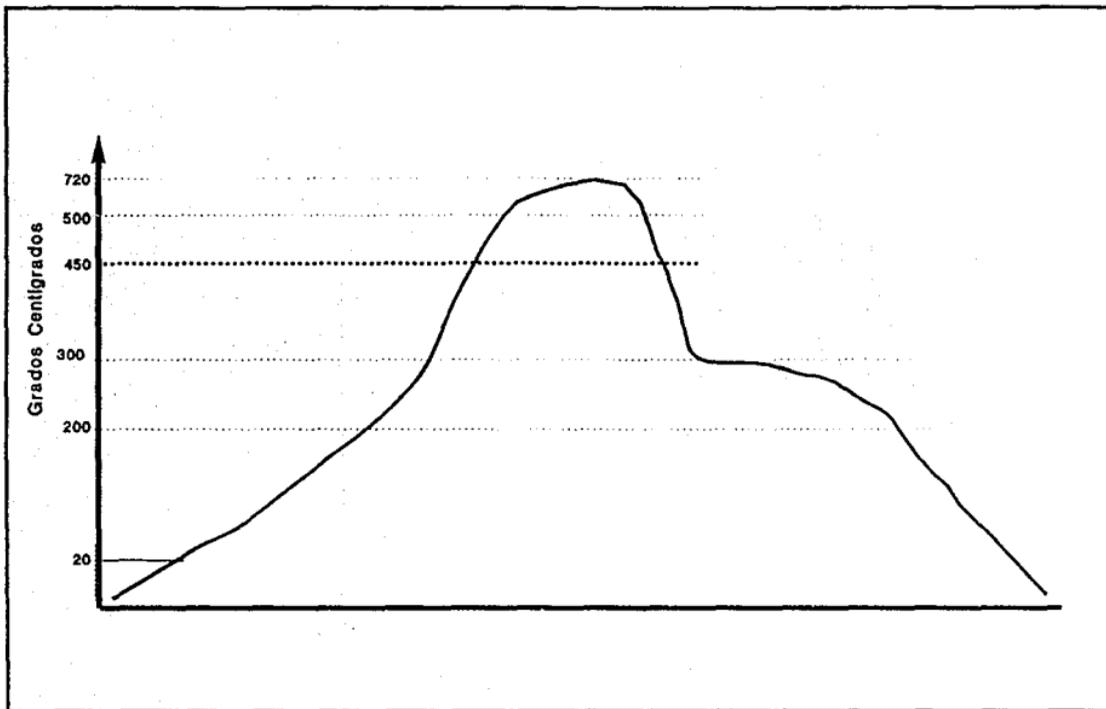
En esta operación se limpian e inspeccionan perfectamente las superficies que estarán en contacto entre el botón y el vidrio. La limpieza se debe realizar con una tela que no desprenda pelusa y un chorro de aire purificado y desionizado a presión para eliminar cualquier partícula que se haya agregado después del lavado e incluso estática que pudiesen tener los vidrios en un momento dado.

Posteriormente se coloca el botón con sumo cuidado sobre el vidrio en la oblea. Hay que tener en cuenta que ésta, es la operación mas crítica de todo el proceso. En caso de no detectar un problema al inspeccionar, o cometer el más mínimo error, tanto el material como el trabajo realizado en él serán desperdiciados totalmente.

### **Fundición.-**

Esta operación se lleva a cabo en el horno. Las charolas con los vidrios se colocan en la banda transportadora, la cual los llevará a todo lo largo del horno pasando por los diferentes rangos de temperaturas necesarias para la fundición y la eliminación de esfuerzos residuales e inclusive tratamiento térmico para incrementar su resistencia. Se precalientan, funden y finalmente se les aplica un revenido en las diferentes secciones del horno. Las temperaturas varían para cada tipo de cristal, siendo el más delicado el PhG, dado que con pequeñas variaciones de temperatura contra lo indicado se pierde su facultad de oscurecerse y aclararse con la presencia de rayos ultravioleta.

A continuación se muestra el diagrama del perfil de temperaturas del horno en la figura 4.5.



*Fig. 4.5 Curva de Temperatura*

### **Grabado de la adición.-**

Después de haberse dejado enfriar por medio de un chorro de arena se les da una identificación permanente a cada lente en el canto marcando la adición que han de llevar. Se tiene que hacer después de la fundición, ya que antes de la misma en cualquier momento los lotes pueden reasignarse a alguna otra orden que lleve un cambio en la adición. Pero una vez fundido el material, forma una sola pieza inseparable con una adición determinada e inmodificable.

### **Recubrimiento plástico.-**

Consiste en recubrir el convexo del lente ya terminado para protegerlo de rayones y polvo. Este se puede hacer de una manera automatizada en la que los lentes pasan por una banda y encima de ellos pasa otra banda pero de un material plástico autoadherente, el cual al ir pasando los lentes se va cortando de la medida de los mismos y los va recubriendo. Posteriormente en el marcado se escribirá sobre este plástico el tamaño de la oblea. Y como ya se mencionó, el cóncavo no es algo que nos interese proteger.

### **Medición y anotación.-**

Con un proyector de microfichas se proyecta la imagen de la oblea sobre una pantalla cuadrículada, pudiéndose medir fácil, rápida y eficientemente el diámetro del Krip-Tok y el ancho y alto del Flat-Top. A continuación se anotan las medidas sobre la película plástica protectora.

Para parear los vidrios las obleas deben de tener diámetros que no sean visiblemente distintos, pareándose entonces por diámetro de oblea y siendo del mismo color y adición.

Cuanto menor es el diámetro menor es el precio al que se podrá vender. Por lo que en el proceso de fabricación es importante no trabajarlo demasiado ya que esto al desbastar el material va reduciendo el diámetro de la oblea.

#### **Empaque.-**

Se anotan las medidas de la oblea, color del lente y adición en una caja, además, en el caso del Flat-Top, si es izquierdo o derecho, en donde se mete un lente y posteriormente se parean las cajas, es decir se unen dos cajas que formen un par.

#### **Rectificación de moldes.-**

Esta operación no contribuye directamente a la modificación de la materia prima o ensamble, pero se incluye en la descripción de operaciones dada su importancia en la calidad de los lentes y en los costos en los que se puede incurrir.

Una vez que se detecta que se están fabricando lentes "fuera de curva", o sea que su curvatura no es la especificada se debe retirar el molde de la máquina y enviarlo a rectificad. En donde se coloca sobre otro molde de acero que sí tenga la contracurva especificada. Y con polvo de esmeril se rebaja ligeramente el diamante para "meterlo en curva".

### 4.3 Secuencia de las Operaciones del Proceso de Fabricación.

De las operaciones que acabamos de ver a continuación se detalla c/u de ellas en el orden debido y con la explicación específica para lograr la fabricación de estos lentes.

Comenzando con su cursograma sinóptico del ensamble del bifocal Flat-Top, mostrado en la figura 4.2. La operación especificada es la de un Flat-Top, debido a que en ésta se realiza todo lo que se hace en la fabricación de un Krip-Tok y otras operaciones extras.

**Operación 1.-** Se hace un generado sobre el cóncavo para obtener la curva deseada. Esta operación es necesaria para que la generadora de obleas sujete bien al lente, ya que la sujeción en esta máquina es por medio de succión en el cóncavo. Donde tiene que embonar para no tener fugas de aire que pueden ocasionar que al girar se desprenda y salga rompiéndose. Por otra parte si el cóncavo no asienta bien en el molde sobre el que se coloca para fundición se puede romper el lente.

**Operación 2.-** Se genera la contracurva de la oblea. La curva y el diámetro que se le dá depende del tipo de bifocal y la adición que se vaya a fabricar.

**Operación 3.-** Oblea afinada. El terminado de esta operación es importante para que se le pueda dar un pulido perfecto.

**Operación 4.-** Oblea pulida. El acabado que se le dá en esta operación es uno de los puntos más críticos de todo el proceso, ya que de dejarle un acabado defectuoso por pequeño que éste sea implicará un rechazo en la Inspección 1 o en la Operación 19, lo que implica un retrabajo del material. Si el rechazo es en la Operación 19 es posible que cuando el lente llegue al centro de trabajo la preparación del equipo ya sea diferente y haya que esperar a que se fabrique un nuevo lote con esas características o invertir en una preparación especial para los lentes rechazados. Pero en caso de que no se detecte en ninguna de las inspecciones repercutirá en la calidad final del lente sin que tenga solución posterior, siendo material de segunda o de rechazo.

**Inspección 1.-** Se inspecciona el terminado de la oblea. Esta inspección la realiza el mismo operario que la pulió y la efectúa en su lugar de trabajo. Si el defecto es superficial vuelve a pulir el lente, si es más profundo lo regresa a afinado.

**Operación 5.-** Aquí se deben de eliminar la suciedad, partículas o sustancias ajenas al vidrio, como podría ser el mismo refrigerante. Debe quedar perfectamente limpio y libre de impurezas.

**Operación 6.-** Marcado del vidrio con dos puntos de tinta para tener la referencia de cómo se debe ensamblar el botón. Con esta marca se hace la clasificación para lentes izquierdos y derechos.

**Operación 7.-** Generado del canto del lower. En este caso la curva es 0.00, en otras palabras, es un plano. Esta operación se lleva a cabo en grupos de ocho vidrios, los cuales se colocan en un porta-vidrios especial que los sujeta en la posición adecuada.

**Operación 8.-** Afinando canto lower, se alisa el canto. Esta operación se lleva a cabo en el mismo porta-vidrios en que se generaron.

**Operación 9.-** Enjuagado y secado de vidrios. Se eliminan los residuos del generado y afinado.

**Inspección 2.-** Verificar que los cantos hayan quedado lisos.

**Operación 10.-** Generado del canto del upper. De manera similar a como se trabajaron los lower.

**Operación 11.-** Afinado del canto del upper. Similar al afinado del lower.

**Operación 12.-** Enguajado y secado de los vidrios upper.

**Inspección 3.-** Similar a la Inspección 2.

**Operación/Inspección 13.-** Ensamblado del lower y upper. Se realiza una última inspección por parejas en el banco de ensamble verificando que los cantos estén suficientemente lisos para evitar la formación de burbujas entre las dos partes de la oblea. Se unen por los cantos, fijándose con cinta no inflamable que los sujete hasta que se fundan.

**Operación 14.-** Fundido de lower y upper. Se lleva a cabo en el horno, de aquí en adelante se formará un solo vidrio al que se le denominará botón.

**Operación 15.-** Generado de la curva del botón. Se pasan por el diamante rudo por un lado para darle la curva deseada.

**Operación 16.-** Afinado de la curva del botón.

**Operación 17.-** Pulido de la curva del botón.

**Inspección 4.-** Se revisa el acabado de la superficie, el cual debe de quedar perfectamente liso.

**Operación/Inspección 19.-** Ensamblado de vidrio y botón. Se limpian perfectamente ambas superficies, colocando el botón sobre el vidrio y poniendo éste sobre el molde de fundición.

**Operación 20.-** Fundido de vidrio y botón en el horno. Después de esta operación, vidrio y botón formarán una sola pieza.

**Operación 21.-** Grabado de la adición en el canto del vidrio.

**Operación 22.-** Rebajado del botón por medio de generado. Con esta operación se elimina el exceso o sobrantes del botón para que quede a la misma altura que el resto del vidrio.

**Operación 23.-** Generado convexo. En esta operación se rebaja el vidrio hasta un nivel en el que quede parejo, es decir, que no haya ningún borde en la frontera entre el botón y el vidrio. A lo que se le demonina "cerrar la unión" o "cerrar curva".

**Operación 24.-** Afinado cóncavo. Esta operación se realiza para poder pulir esta curva.

**Operación 25.-** Afinado convexo.

**Operación 26.-** Pulido cóncavo. Esta operación se realiza básicamente para poder inspeccionar el vidrio, ya que esta curva será destruida por el óptico para darle un aumento específico, para un cliente determinado. Pero aunque la curva sea destruida posteriormente, si la superficie está opaca no se detectarán adecuadamente los defectos en el convexo, ya que el control de calidad es visual. Por lo anterior este pulido, a diferencia de todos los demás, no es mandatorio que quede perfecto.

**Operación 27.-** Pulido convexo. Esta operación es en sí la última transformación que sufre el lente. El acabado que debe tener el convexo después de esta operación es completamente liso, sin ninguna rayadura o alguna otra imperfección.

**Inspección 5.-** Se revisa que no exista ninguna imperfección en el convexo, en caso de que tenga algún defecto en la superficie se vuelve a pulir o se manda a afinado, dependiendo de que tan profundo sea la imperfección. En caso de que el defecto se encuentre adentro, o sea en la unión del vidrio y el botón, se toman las medidas mencionadas en el capítulo de control de calidad.

**Operación 28.-** Lente remojado en agua caliente para que en el lavado sean fácilmente removibles los restos del líquido enfriador. Los lentes no deben estar en reposo con respecto al agua, debe de haber un flujo constantemente para que esta operación sea eficaz.

**Operación 29.-** Lente lavado y secado. Se deja el material suficientemente limpio para que sea revisado en control de calidad.

**Inspección 6.-** Adición revisada con el lenzómetro. Se verifica si su adición corresponde a la que tiene grabada en el canto, en caso de que haya salido otra adición se le graba la correcta.

En caso de existir aberraciones éstas son detectadas en esta misma inspección con el lenzómetro.

**Inspección 7.-** Verificación final de control de calidad, aquí se hace un minucioso examen visual de todo el lente.

**Operación 30.-** El convexo se envuelve en papel celofán para protegerlo. Como ya se indicó, ésta es la curva que interesa que quede en óptimas condiciones.

**Operación 31.-** Las medidas son apuntadas sobre el celofán. Se mide el ancho y alto de la oblea, esto se hace en un proyector de microfichas que amplifica la imagen en una pantalla cuadrículada con mediciones. Esta medición es necesaria para poder formar parejas de lentes. Cada par de lentes deben tener obleas del mismo tamaño.

**Operación 32.-** Empacado y formación de pares. En esta operación se introduce el lente en una caja a la que previamente se le han estampado sellos indicativos de la adición, color, medidas y si se trata de un lente derecho o izquierdo. Finalmente seorean, es decir, se guardan cada uno en una caja que tiene marcadas sus características de color, adición y tamaño, poniendo juntas dos cajas de lentes de tamaños similares.

## **CAPITULO 5: INVENTARIOS**

### **5.1 Beneficios de los Inventarios**

Para determinar un plan de producción en un tiempo determinado se tiene que calcular primero la demanda para ese periodo. Esta planeación se hace en base a una demanda esperada, determinada por pronósticos y se produce contra stock. O producción contra demanda en base a las órdenes actuales de los clientes. O por combinación de las anteriores.

Para el caso específico de los lentes bifocales se puede utilizar una combinación de ambas. Ya que la demanda presenta una cierta ciclicidad, por lo que es relativamente fácil obtener unos pronósticos aproximados. Y para cuando las órdenes en un momento dado excedan nuestros pronósticos simplemente modificar el plan de producción para que esas órdenes sean tomadas en cuenta.

El plan de producción debe proveer las cantidades requeridas del bifocal a fabricar en el tiempo determinado y a un costo total mínimo, consistente con la calidad de los requerimientos.

Debe establecer los requerimientos de maquinaria y de mano de obra que han de trabajarse tanto en tiempo regular como en tiempo extra.

Existen diferentes maneras de cumplir con la demanda:

- 1) Producción actual
- 2) Inventario de producto terminado o de distribución
- 3) Utilización de tiempo extra
- 4) Subcontratación
- 5) Combinaciones de los anteriores

Si se permiten órdenes atrasadas la demanda actual puede aplazarse. Esta puede ser una consideración importante en el caso de tener demandas pico al principio del horizonte de planeación y por tanto no poder satisfacer la demanda a tiempo.

En este caso se puede programar tiempo extra para satisfacer esa demanda y poner al corriente la producción o mantener inventarios de seguridad.

Pero si las órdenes atrasadas no se permiten, entonces el planeador tendrá que cortar la demanda (costo en órdenes perdidas y en clientes insatisfechos), programar tiempo extra o subcontratar con el consiguiente aumento en el costo de la mano de obra o con niveles de inventario más altos. Hay que tomar en cuenta que a este mercado en su gran mayoría el no tener el lente implica perder la venta.

Un punto importante a considerar en la planeación de la producción es la estabilidad de la fuerza de trabajo. Teniendo en cuenta que cuanto mayor pericia se requiera, más importante se vuelve la estabilidad de la fuerza laboral. Teniendo en ensamble al personal más calificado.

Cuando la demanda es constante a lo largo del año la estabilidad de la fuerza laboral no se ve afectada. Pero cuando la demanda no es constante (cíclica) se debe variar el tamaño de la fuerza laboral, redistribuirla temporalmente o hacer uso de inventarios.

El inventariar artículos debe de justificarse por los beneficios reportados por una o más de las funciones para lo que sirven. Entre las razones más importantes para almacenar artículos se encuentran las relacionadas con economía de escala en producción y aprovisionamiento, fluctuaciones de requerimientos en el tiempo, flexibilidad en la planeación, especulaciones en precio o en costo y en cuanto a la incertidumbre en cuanto a requerimientos por demanda y tiempos de entrega de los proveedores.

En cuanto a fluctuaciones por temporada se pueden crear inventarios en temporada de baja demanda en anticipación a demandas pico de otros periodos. Esto nos permitirá operar a un ritmo de producción más constante a lo largo de toda la temporada. Evitando así el costo de cambiar la tasa de producción, tiempos extras, subcontrataciones, ventas no cerradas y los costos de no tener material en un momento de demanda pico. Así como la posible pérdida de clientes.

La utilización de inventarios y del nivel de la fuerza laboral genera una ventaja directa: Hay una inversión menor en la planta y el equipo. Por lo que la planeación debe ser consistente con la demanda, la producción y las políticas de la compañía.

## **5.2 Métodos para el Control de Inventarios**

Expondré primero como ha evolucionado el control de inventarios y de producción para tomar una decisión de qué método es el que mejor se ajusta a las necesidades de la planta donde se pretenda utilizar.

La técnica más rudimentaria para el control de inventarios es la Revisión Visual, en la cual el encargado determina cuándo, cuánto y qué pedir según su "experiencia", teniendo todos los datos en la memoria. Desgraciadamente esta técnica conlleva a la falta de inventarios de unos materiales e inventarios excesivos de otros con sus costos asociados.

Una técnica un poco más sofisticada es la de la Doble Caja, muy buena para artículos de consumo de bajo costo. Se abre una caja y se van utilizando los artículos que contiene hasta que se acaba, en ese momento se abre la segunda caja y se manda pedir otra.

De la anterior se derivó la de Mínimos y Máximos, muy similar a la anterior. Se establece una cantidad mínima y al llegar a ésta se pide material para llegar a una cantidad máxima. Estos niveles de inventario generalmente son fijados de acuerdo a la capacidad de almacenamiento, capacidad de los vehículos de transporte, inversión en inventarios y algunas reglas arbitrarias.

**Punto de Reorden o Revisión Periódica.-** En este caso se hace una revisión cada salida de material de acuerdo a la información que se tenga del mismo en el kardex. La política a seguir es de ordenar en caso de que el inventario llegue a un nivel igual o inferior como el que se especificó como punto de reorden " $r$ ". Y la cantidad a ordenar es el inventario máximo " $R$ " que se desea llegar a tener menos las unidades que se tengan en ese momento.

Nótese que si la demanda continúa en el tiempo que tarda en suplirse el inventario no se llegará a tener ese inventario máximo " $R$ ". Por lo que incluso se puede llegar a calcular la salida de material que se tendrá mientras se surte, para aumentar esa cantidad al pedido y tomar esa cantidad como la "cantidad a ordenar".

También hay que observar que si la demanda excede "r", o sea la cantidad especificada como punto de reorden en el tiempo que tarde en surtirse, se tendrán faltantes.

**Reaprovisionamiento Estadístico.-** Aunque existen muchas empresas que no la conocen fue publicada en 1915. Esta técnica es bastante eficiente. Balancea los costos de llevar inventario y de ordenar dando el menor costo total. La cantidad se determina por la ecuación del *EOQ* (Cantidad económica de la orden, por sus siglas en inglés), que en su forma más simple es la siguiente:

$$\text{Costo total} = f(Q) = (Q/2)iC + S(D/Q)$$

para encontrar Q, en donde f(Q) es un mínimo se resuelve f'(Q)=0 para Q

$$f'[(Q/2)iC + S(D/Q)] = 0$$

$$iC/2 - DS/Q^2 = 0$$

$$iC/2 = DS/Q^2$$

$$Q^2 = (2DS)/(iC)$$

$$Q = ((2DS)/(iC)).5$$

Donde:

Q	cantidad económica a ordenar
D	demanda (mensual)
S	costo de ordenar
i	costo de llevar inventario % (mensual)
C	costo unitario

Hace unos años se introdujo la gráfica de dientes de sierra, la cual calcula el momento en que se debe pedir tomando en cuenta el tiempo de entrega del material, y cuánto material se requerirá en ese periodo.

Combinando estas dos técnicas se logra reducir los costos totales. Actualmente esta combinación de técnicas es de las más utilizadas para el control de inventarios, y en general proporciona muy buenos resultados cuando se utiliza para productos terminados o para refacciones de mantenimiento.

El principal problema al que se enfrenta el que lo utiliza es que el modelo estadístico depende de la demanda, la cual el modelo la toma como promedio en base a ciertos pronósticos que se hacen con el comportamiento histórico.

Siendo que usualmente la demanda presenta "picos". El modelo también falla si la demanda promedio cambia. Por lo que hay que realizar revisiones periódicas.

A continuación se presenta la gráfica "Dientes de Sierra", fig. 5.1, la cual representa los niveles del inventario a lo largo del tiempo.

Posteriormente se observó que la demanda de ciertas partes era dependiente de la demanda de otras partes.

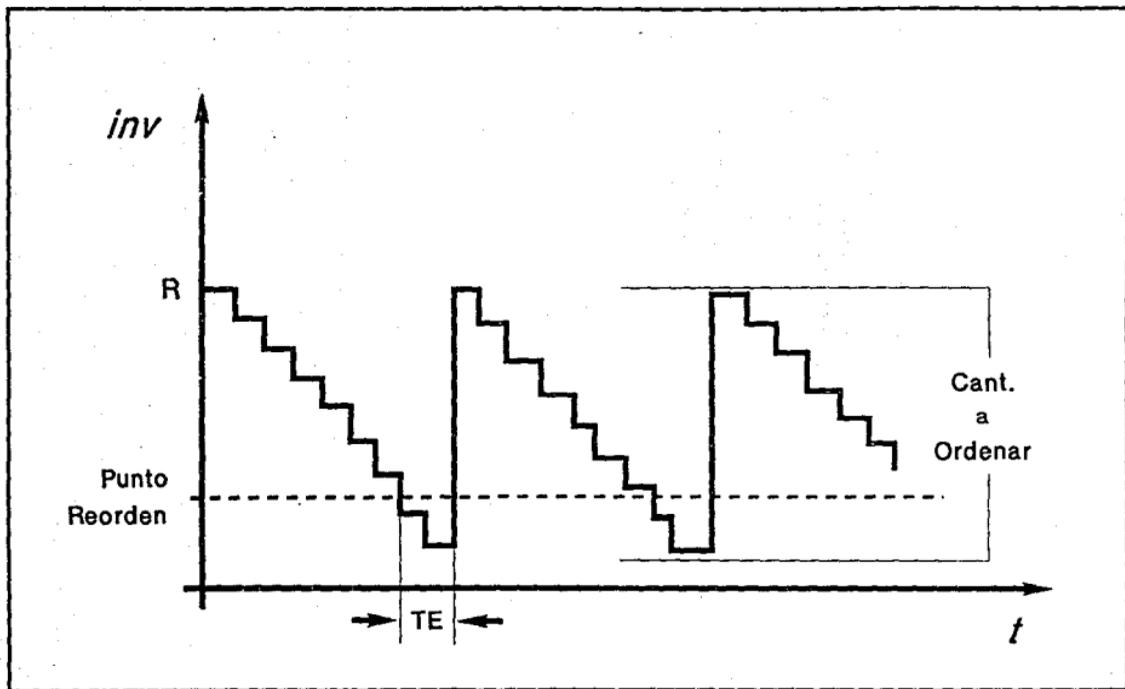


Fig. 5.1 Gráfica de "Dientes de Sierra"

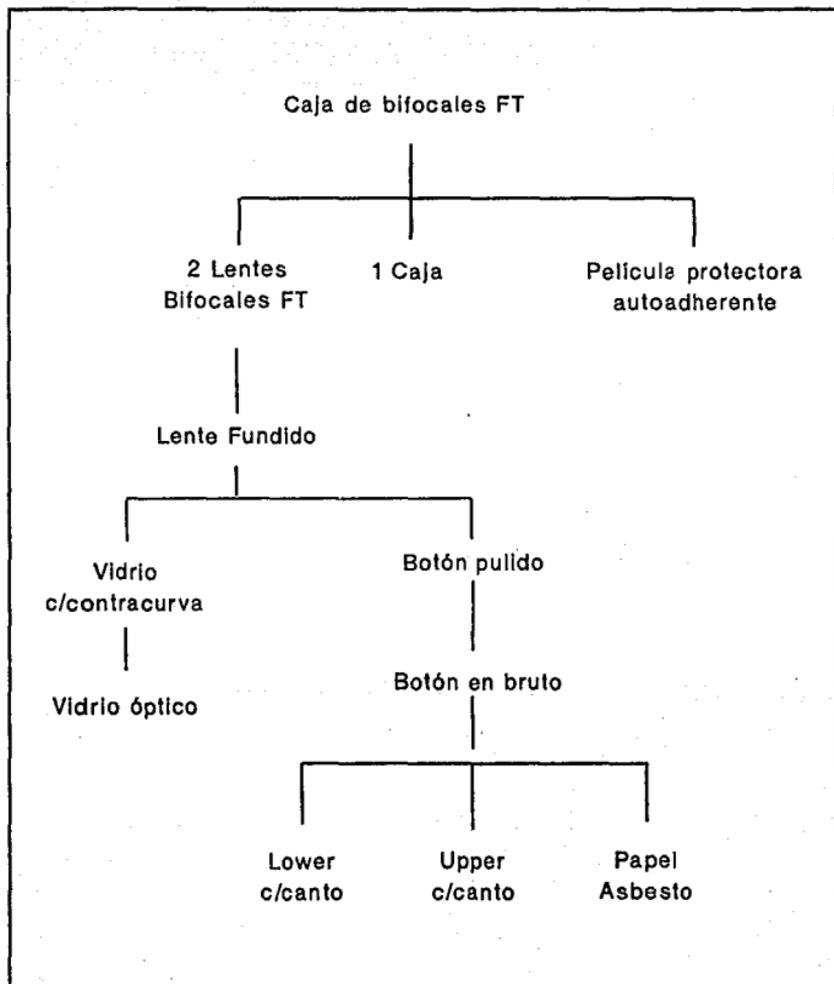
La demanda dependiente está compuesta principalmente de los componentes de los productos terminados, o sea, si se fabrica un cierto número de pares de lentes bifocales FT sabemos exactamente cuántos "lowers", cuántos "uppers" y cuántos vidrios vamos a necesitar desde el mismo momento de tener nuestro plan de producción.

Todos los materiales componentes y subensambles a comprar y fabricar dependen directamente del producto terminado a producir. En cambio los mismos bifocales son considerados de demanda independiente, pues no dependen de la fabricación de ningún otro artículo.

Teniendo así demandas independientes y demandas dependientes. Para la primera se hacen pronósticos, mientras que la segunda se calcula.

Esta relación de demanda independiente y sus componentes se obtiene mediante la "lista de materiales" o "lista de partes componentes".

La siguiente es la lista de materiales, representada en forma de su estructura, fig. 5.2, para un lente bifocal FT.



*Fig. 5.2 Estructura de Lente Bifocal FT*



En este ejemplo la estructura se representó con siete niveles, del nivel 0 al nivel 6. A modo de desglosarlo completamente en el máximo de niveles en que se puede representar, sin embargo, la estructura de este producto la debe definir ingeniería, y probablemente tenga menos niveles. La forma exacta como debe de quedar depende de los tiempos de proceso, de ensamble y de los puntos de control que haya en el proceso mismo de fabricación. Ya que la estructura no sólo refleja los materiales que se utilizan y el donde. Sino que también deben reflejar las partes inventariables, de control. Además pueden reflejar los costos, para lo cual hay que definir que se define por medio de la estructura y qué por medio de la ruta de proceso.

Con las facilidades de cálculo de la computadora y una vez conjuntados todos estos elementos se llegó a desarrollar el mrp (planeación de requerimientos de material), el cual ya existía en concepto. La computadora daba la demanda esperada de artículos independientes después de tener un Plan Maestro de Producción.

Y la relación entre demandas de artículos de demanda independiente y dependiente.

El mrp por la gran cantidad de operaciones que tiene que realizar se tiene que calcular en computadora, por lo que se empezó a utilizar de manera comercial a principios de los 70's cuando el costo de las computadoras, empezó a ser más accesible a las empresas.

A las computadoras se le dan datos tales como código de las partes componentes, estructuras o listas de materiales, tiempos de entrega, tiempos de fabricación en cada nivel, cantidades y ubicaciones en el almacén, registro de movimientos etc. De alguna manera se le alimentaban las reservaciones o asignaciones del inventario que se planeaba ocupar en el futuro cercano. Calculando posteriormente el avance en producción de los diferentes ensambles y determinando así cuánto y cuándo se debe pedir de cada uno de los componentes.

Por otro lado se le daba la información de los pronósticos y de las órdenes actuales de los clientes, con lo que se obtenía el Plan Maestro de Producción, cuyo resultado era el que empezaría a alimentar la información al mrp.

Así el mrp pasó a ser MRP (Planeación de Recursos de Manufactura). El cual aún seguía siendo planeación, no podía controlar y replanear, era muy limitado, sólo proponía órdenes (órdenes de compra y órdenes de trabajo), sugería, sobre las órdenes abiertas adelantar, atrasar o cancelar. Pero ¿qué pasaba si la planta por alguna razón no había tenido la capacidad de realizar sus órdenes?, ¿Y si no se estaban vendiendo las cantidades pronosticadas?, ¿Había disponibilidad de recursos críticos?, etc.

Entonces se desarrolló MRP II (Planeación de Recursos de Manufactura con retroalimentación). El cual revisaba capacidad de recursos, y modificaciones a lo anteriormente planeado las mismas que se tomarían en cuenta en el siguiente ciclo de planeación.

En donde ya el sistema indicaría si sería posible llevar a cabo un cierto plan o no según los recursos con que se contara.

Con MRP II se toma en cuenta a toda la organización, no solo el departamento de producción, sino desde el departamento de compras hasta el de ventas.

MRP II empieza con una planeación de los negocios de la compañía, definiendo todos sus objetivos. Esos planes se traducen en objetivos de ventas, que se comparan contra los pronósticos de producto terminado.

MRP II disminuye los inventarios extra de colchón de seguridad lo que hace es tener tiempos de entrega anticipados de cuando se requiere el material, para prevenir quedarse sin material. Ocasionando un paro de producción o retrasos en diferentes órdenes.

Esa seguridad en tiempos de entrega la maneja junto con el tiempo esperado de entrega. Si hay una alta variabilidad en el tiempo de entrega lo que se hace es tomar el tiempo más alto y posteriormente irlo ajustando paulatinamente con suavización exponencial. Y manteniendo así los inventarios al mínimo posible, teniendo únicamente lo que realmente se va a utilizar en el momento en que se requiere.

Con una técnica llamada Planeación de Capacidad Recortada la computadora analiza la viabilidad de los planes a nivel de producto terminado con los recursos críticos que se haya definido con que se cuenta. Y en caso de que el plan no sea factible entonces lo altera o busca recursos adicionales como podrían ser tiempo extra, subcontratación, o replanear el plan maestro.

Básicamente el Plan Maestro de Producción consiste en programas que comparan pronósticos de productos terminados con inventarios de productos terminados en almacén y las órdenes de trabajo para fabricar dichos artículos.

El PMP analiza estos datos y realiza ajustes mediante:

- Cancelación de órdenes de trabajo de productos que no se están vendiendo según lo pronosticado, liberando así recursos para producir artículos que sí se están vendiendo, que cuentan con un inventario insuficiente para satisfacer la demanda de las órdenes actuales de clientes.
- Incremento en la producción para poder cubrir órdenes de venta nuevas.

Considerando además el tiempo de respuesta se pueden tener predicciones más precisas de cuándo un producto estará disponible. Y al mismo tiempo tener la producción planeada en hechos reales y viables.

MRP II también examina la capacidad. Con el CRP (Planeación de Requerimientos de Capacidad). Dando información de sobre-utilización y sub-utilización de centros y estaciones de trabajo.

Por último, para tener la retroalimentación completa, MRP II tiene interfase con aplicaciones financieras, como pagos de cuentas, entradas monetarias por ventas, cuentas por cobrar, costos y llevar en sí toda la contabilidad.

Algunas consideraciones que hay que tomar en cuenta con el uso de este sistema son las siguientes:

- **Tamaño de Lotes.**- Una finalidad importante es el reducir los inventarios al mínimo posible.

Los tiempos de preparación grandes suelen dar EOQ's altos, siendo ésta la entrada para la base de datos de MRP II, y los EOQ's altos inflan los inventarios.

Por lo anterior, se tiene que hacer un esfuerzo considerable por reducir los tiempos de preparación de las máquinas. Seleccionando las herramientas y el equipo adecuado, así como las técnicas más convenientes (en cuanto a tiempos y movimientos).

- **Proveedores.-** Cuando al programa se le dice que se pidió una determinada cantidad de material, espera que llegue esa misma cantidad utilizable, en este caso no tomaría en cuenta los vidrios rotos o con aberraciones.
  
- **Calidad.-** MRP no prevé que se le "desaparezcan" piezas por desechos o retrabajado. El tema de calidad tratado en un capítulo aparte.
  
- **Seguridad.-** Si se está contando con un cierto inventario el sistema podría fallar en caso de extravíos y pérdidas del material.
  
- **Manejo del material.-** La distribución de la planta y el flujo del material debe ser tal que haya la menor cantidad de piezas en tránsito, ya que lo "único que se puede hacer a un material transportándolo es dañarlo", especialmente en el caso de los vidrios que son frágiles.

Para eficientar nuestro nivel de inventario de bifocales terminados tenemos la oportunidad de poder desarrollar a nuestros clientes, que no son el usuario final, sino los laboratorios. Desarrollarlos en el sentido de que ellos nos manejen sus pronósticos para las siguientes "n" semanas de cada tipo, color y adición que fabricamos. De esas "n" semanas dejamos una en firme, es decir, la siguiente semana no lleva cambios de producción con respecto a lo planeado.

A esa semana la denominaremos nuestro horizonte firme de planeación, en la cual no se moverá el programa de producción.

La razón para hacer esto es muy sencilla: una de las cosas más complejas en el taller es andar programando los equipos de manera que tengamos los menores costos por preparación, secuenciación, etc. Y al congelar una semana hacemos la programación en base a la secuencia que sabemos es la mejor, sin tener que andar recalculando después que nos conviene a mitad de un ciclo.

### **5.3 Tipos de Inventarios**

El manejo de los inventarios de manufactura es muy diferente al manejo de otro tipo de inventarios. La distinción entre inventarios manufactureros y no manufactureros puede llevar a cierta confusión respecto a la aplicabilidad de las diferentes formas en que se puede controlar.

Un inventario de manufactura consiste de:

- materia prima
- componentes semiterminados en almacén
- componentes terminados en almacén
- subensambles
- partes componentes en proceso
- subensambles en proceso

Nótese que productos terminados se excluyen de la lista anterior, ya que éstos formarían parte de un inventario de distribución.

La administración de cualquier tipo de inventario se compone de lo siguiente:

- Planeación
- Adquisición
- Mantenimiento
- Disposición

Sin embargo un inventario de manufactura tiene sus propias características:

- a) Planeación.- Aquí los pronósticos y estadísticas tienen un papel poco importante, como se detallará más adelante al analizar un poco más a fondo las demandas dependientes e independientes.
  
- b) Adquisición.- El material en el proceso de manufactura es adquirido y readquirido conforme pasa de un paso a otro en la conversión de la materia prima a producto final.

Una vez que se libera una orden no se puede cancelar sin tener muchas veces una pérdida por desperdicio o retrabajo, así como tampoco se puede incrementar o decrementar la cantidad sin incurrir, normalmente, en costos extras.

- c) Mantenimiento.- Aquí en especial no hay ninguna diferencia significativa.
  
- d) Disposición.- Para la entrega de un artículo la demanda tiene un origen interno. un requerimiento o un plan de producción.

Un inventario de manufactura tiene como función llevar todo el plan de producción a requerimientos detallados de material y órdenes. Este sistema determina artículo por artículo qué se ha de pedir y cuándo, así como lo que se ha de manufacturar. Como salidas del sistema maneja las funciones de compra y manufactura.

Su función va bastante más allá de administrar el inventario, es quien lleva a cabo la planeación logística de manufactura.

Por otro lado la finalidad de un inventario de distribución es estar disponible la demanda de clientes, con poca predictibilidad debido a su característica azarosa.

Su nivel de inversión está influenciado por consideraciones de mercadotecnia (porcentaje de servicio al cliente).

En contraste el inventario de manufactura es satisfacer los requerimientos de producción, la disponibilidad se genera en un plan de producción, lo que significa que la demanda es calculable, es decir, predecible.

Una entidad única a la manufactura es el trabajo en proceso, el cual constituye una parte significativa de la inversión, y el nivel de este inventario es primeramente función de los tiempos de entrega.

El nivel deseable de inversión en un inventario de distribución (producto terminado) está determinado por la inversión y los ingresos de las ventas por disponibilidad. Su demanda debe pronosticarse. El cuánto abastecerse se puede determinar por la EOQ, el cuándo no se puede contestar con certidumbre.

Para un inventario de manufactura la inversión está dada por los requerimientos de producción, que, al contrario de la demanda de clientes, es calculable y controlable. La demanda de cada artículo no se tiene que pronosticar, y la incertidumbre se tiene sólo a nivel del Plan Maestro de Producción. La disponibilidad se puede generar hasta el momento justo en que se necesite.

El cuándo ordenar se contesta con la fecha de requerimiento y el tiempo de entrega, y la cantidad por medio de técnicas de tamaño de lotes que utiliza solamente demanda conocida (requerimientos planeados) tomando en cuenta tiempos y magnitud.

Pudiendo así decir que es más importante tener la cantidad necesaria en el tiempo requerido que ordenar la cantidad correcta.

#### 5.4 MRP

Una diferencia muy importante entre el punto de reorden y el MRP es que al primero lo podemos definir como un conjunto de procedimientos, reglas de decisión y registros que pretenden asegurar la disponibilidad física continua de todos los artículos del inventario, con una demanda incierta. Se realiza el abastecimiento de cada parte en cada ocasión que la cantidad desciende a un punto predeterminado, basado en el pronóstico de demanda durante el tiempo de entrega y la probabilidad de que la demanda actual exceda el pronóstico.

Un sistema MRP consiste en un conjunto de procedimientos lógicamente relacionados, reglas de decisión y registros (entradas al sistema) diseñados para llevar a cabo el Plan Maestro de Producción en requerimientos netos determinados en el tiempo. Y el plan de abastecimiento de esos requerimientos para cada parte componente necesaria para ejecutar el Plan.

Se podría decir que el punto de reorden es en base a partes, el MRP está orientado al producto.

El punto fundamental que ha de ser guía para la aplicabilidad entre puntos de reorden y el MRP es el concepto de demanda dependiente contra el de demanda independiente.

Denominaremos demanda independiente cuando ésta no se encuentra relacionada con otros artículos, o sea, cuando no es función de la demanda de algún artículo del inventario.

Esta demanda debe ser pronosticada en base al comportamiento histórico del producto. El pronóstico está íntimamente relacionado con las técnicas del punto de reorden.

Asimismo la demanda dependiente es la que está directamente relacionada a, o se deriva de la demanda de algún otro artículo o producto. Esta demanda se puede calcular, no se debe pronosticar, ya que está determinada por la demanda de aquellos artículos que la originan.

Por lo tanto tenemos que la demanda para el producto final debe ser pronosticada, pero no así la demanda de cada uno de sus componentes, incluyendo la materia prima.

Uno de los procedimientos en los que se basa el MRP es el desfasamiento en el tiempo. Lo que implica añadir la dimensión del tiempo a la información del estado del inventario. Asociando fechas o periodos con sus respectivas entidades. Este enfoque fue refinado en la década de los 50s con el concepto de control de inventario perpetuo.

El concepto principal de este concepto era mantener la información al día de todas las transacciones del inventario.

Para lograr esto jugaron un papel muy importante tanto el kardex como las tarjetas perforadas.

La información del estado del inventario se expandió al añadir datos sobre requerimientos (demanda) y disponibilidad (diferencia entre cantidad requerida y cantidad en almacén contra cantidad ordenada.,).

La fórmula es la siguiente:

$$A + B - C = X$$

En donde:

- A** cantidad en almacén
- B** cantidad ordenada
- C** cantidad requerida
- X** cantidad disponible

Por lo que el estado de los vidrios por ejemplo podría aparecer así:

En almacén	1000	1000
En órdenes	1800	900
Requerida	2000	2000
Disponible	800	-100

La disponibilidad negativa significa faltantes, para los cuales hay que generar una orden de compra o de trabajo.

Con esta fórmula resolvemos el qué y el cuánto, sólo nos falta resolver el cuándo.

¿Cuándo va a llegar la orden?, ¿Cuántas órdenes están puestas?,

¿Cuándo se debe satisfacer la demanda?, ¿Cuándo se debe liberar la orden?

Al tomar en cuenta el tiempo como una variable más podemos contestar éstas y otras preguntas.

A continuación se presenta un ejemplo tomando en cuenta el tiempo:

Cantidad en almacén: 30

fech. venc. órdenes	0	0	0	0	25					
cantidades requeridas	0	20	0	35	0	0	0	0	0	10
disponibles	30	10	10	-25	0	0	0	0	0	-10
semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Con esto quedan contestadas nuestras preguntas de tiempo. Tenemos una orden que ha de recibirse en la quinta semana. Requerimientos para la 2<sup>a</sup>, 4<sup>a</sup> y 10<sup>a</sup> semana. El abastecimiento de las últimas 10 unidades no se tiene que realizar sino hasta la 10<sup>a</sup> semana.

Claramente se ve que tenemos que adelantar una semana la entrega de la orden de compra, esto se ve con cuatro semanas de anticipación. Y con 10 semanas de anticipación se ve la necesidad de colocar una orden para la 10<sup>a</sup> semana.

Con este ejemplo se ilustró la tremenda diferencia existente entre un sistema que toma en cuenta el tiempo y uno que no lo toma en cuenta.

MRP es un sistema que toma en cuenta la disponibilidad en el tiempo y que trabaja en base a demanda calculada, sin embargo, se le puede agregar demanda pronosticada para partes de servicio.

Para tener un MRP se tiene como primer requisito tener la existencia de un Plan Maestro de Producción, PMP, el cual debe decir cuántos artículos (finales) se han de producir y cuándo. Y que éste se pueda tener en términos de estructuras, con sus números de parte. Siendo que MRP trabaja con números de parte, los cuales no se deben repetir, cada uno debe identificar materiales específicos, subensambles, partes componentes o productos finales.

Teniendo entonces que las estructuras de los lentes bifocales son bastante simples, como se mostraron en un diagrama anterior.

Otro requisito es la disponibilidad de registrar del inventario que contengan datos del estado o situación del mismo.

Una asunción del sistema es que se conocen los tiempos de entrega de la materia prima y que se le puede proporcionar, aunque sea un estimado. Este valor se puede cambiar, sin embargo debe ser único en un momento determinado.

Otra de las asunciones que tiene el sistema es que al liberar una orden de trabajo su tiempo de realización es muy corto, por lo que todos los materiales que se han de emplear se deben de tener en el inventario.

En un sistema MRP los requerimientos netos se encuentran siempre relacionados con el tiempo, a una fecha o periodo. Pero es un sistema insensible a la capacidad, puede sugerir la producción de artículos para los cuales no se tenga suficiente capacidad.

Un sistema se puede diseñar para que responda a qué se puede producir con una capacidad dada (cuál debe ser el Plan Maestro de Producción), o qué se necesita producir (qué capacidad se requiere) para cumplir con un PMP determinado, pero no ambos. Y precisamente el MRP contesta a la segunda pregunta.

O sea que los resultados que arroja MRP están bien (siempre y cuando los datos que se le den también) y el que puede ser inválido es el PMP.

Para revisar si hay suficiente capacidad la salida del MRP debe de alimentar a un sistema CRP (Capacity Requirement Planning, por sus siglas en inglés) para que éste verifique si es o no es realizable. Y en caso de no serlo se replanée una vez mas a nivel PMP.

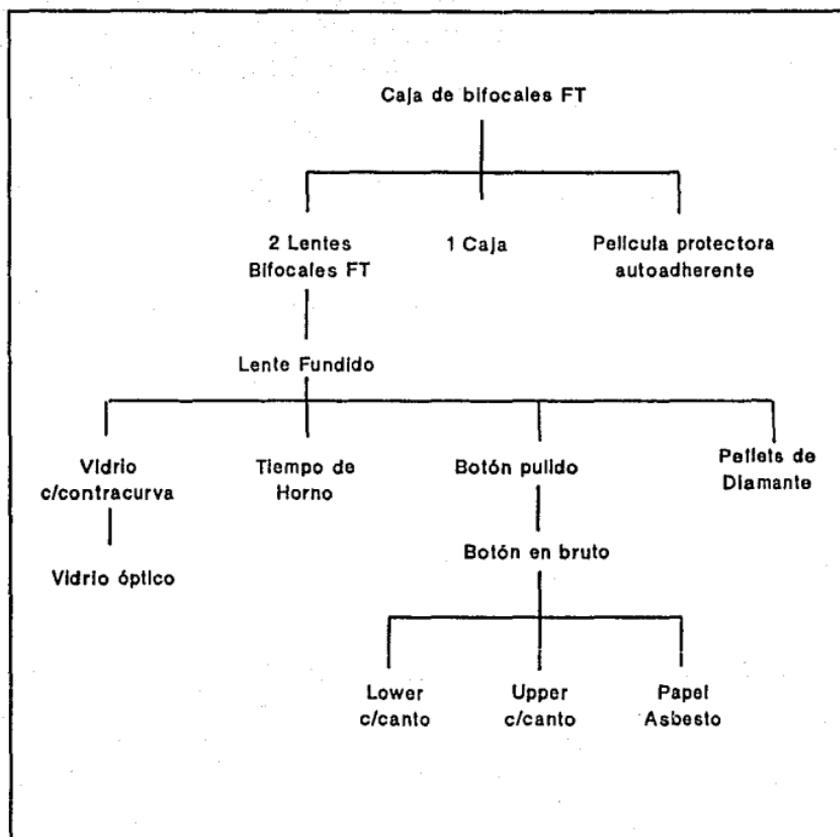
Resumiendo, el MRP es muy efectivo en términos de administración de inventarios de manufactura por las siguientes razones:

- La inversión en inventario se puede mantener al mínimo
- Es sensible al cambio
- Permite ver la planeación que se tiene artículo por artículo en el tiempo
- El control del inventario está orientado a la acción y no sólo a llevar registro de los hechos
- Las órdenes están relacionadas con los requerimientos
- Va enfatizado el tiempo en los requerimientos, órdenes y abastecimiento

Por ese enfoque en el tiempo un sistema MRP puede generar salidas que sirvan de entrada a otros sistemas en el área de logística de manufactura, tales como compras, planeación de producción, planeación de piso, control de piso, despacho y planeación de requerimientos de capacidad.

Por lo tanto para el inventario de lentes FT y KT terminados se recomienda seguir la fórmula del EOQ, y para sus subensambles y abastecimiento de componentes e indirectos relacionados se sugiere la utilización del MRP.

A continuación se muestra una estructura de un FT, fig. 5.3, con todo el material que hay que considerar más un par de elementos importantes de costo, que son el tiempo de uso del horno y los pellets que no forman parte del producto, pero que tienen un costo alto en la fabricación del mismo:



*Fig. 5.3 Estructura de lente bifocal FT, incluyendo los parámetros de costos indirectos más importantes.*

## CONCLUSIONES

Dada la super-competitividad de hoy en día es esencial que la manufactura se realice con técnicas eficientes de producción, como el MRP y el CTC.

Ya que estas dos técnicas, entre otras o en conjunto con otras permitirán la obtención de un producto de calidad competitiva y a los menores costos posibles.

El MRP es una excelente herramienta de planeación. Bien ejecutada ayudará a disminuir los inventarios. Teniendo en Inventario de Producto Terminado, sólo la cantidad necesaria para pedidos urgentes, o sea, como inventario de distribución. Haciendo que se produzca únicamente para surtir pedidos y reponer los niveles de ese inventario de distribución.

El MRP ayudará a tener como Inventario en Proceso únicamente los lotes que se estén trabajando, eliminando la cantidad inventariada de sub-ensambles y partes a medio procesar.

En cuanto al inventario de materia prima de tener justo lo que se va a ir necesitando, lo necesario para no tener faltantes y no exceder un razonable inventario de seguridad para reponer piezas que se dañen en el proceso, retrasos de los proveedores o cambios en la demanda.

La planeación dada por el MRP trasciende al momento en que se deben de colocar las órdenes de compra a los proveedores y al momento de salida del material del almacén para producción.

Dado el tipo de producción de los lentes bifocales, por lotes, y siendo un bien de consumo directo de bajo costo que se vende también en lotes, el MRP da un excelente acercamiento a la producción tipo Justo A Tiempo, pero con datos muy confiables acerca de los requerimientos de materia prima en cuanto a cantidades y fechas de colocación a proveedores.

Siendo que hoy en día en nuestro país aún no se tiene la suficiente confiabilidad en los proveedores, tal que permita también trabajar con ellos tipo JIT.

Asimismo, hay otros factores que no permiten una migración total a un sistema de fabricación JIT, como es la adaptación misma de las máquinas, para poderles hacer los cambios de preparación en cuestión de minutos. La adaptación local de las máquinas llevaría tal vez años para llevarla a tiempos muy competitivos en los cambios.

Por tanto podemos considerar el MRP como la mejor alternativa en este momento para esta industria en particular en nuestro país.

El otro punto esencial para ser competitivos es la calidad.

Cómo se expuso, la calidad ya no puede ser evaluada justo antes del empaque, ya que eso ocasiona altos costos de retrabajo y desperdicio, a veces de lotes completos.

La calidad tiene que convertirse en responsabilidad de todos y cada vez que un operario ejecute una operación del proceso debe tener el mismo bajo control y verificar pieza por pieza mientras otra está en proceso para evitar al mínimo el desperdicio y fallas.

Esto es lo que podríamos denominar "calidad en la fuente". Para esto es necesario darle el entrenamiento y la capacitación necesaria a los operarios en el uso de medidores, calibradores, control estadístico de proceso, forma de controlarlo, etc.

Para que el control tenga retroalimentación inmediata, y no cuando hay una buena cantidad de piezas que haya que retrabajar o tirar.

Para que las máquinas puedan producir con calidad, es necesario que se tenga un buen programa de mantenimiento preventivo, el cual evitaría paros inesperados y variabilidad excesiva en los procesos.

Hay que tomar en cuenta que en el nuevo mercado global la calidad ya no es un parámetro que se evalúe, simplemente tiene que existir, y se da por hecho que existe para poder entrar en la competencia y por calidad entendemos también los tiempos de entrega confiables.

Una vez dentro de la competencia lo que si se va a evaluar serán los precios. Para poder competir tendrá que ser manteniendo costos bajos. Y no hay que olvidar que en la industria de la manufactura el costo de la mano de obra representa sólo el 3 ó 4% del costo total, por lo que realmente no podemos contar con que ya la hicimos con la mano de obra barata, además de que esta "ventaja" no tardará en desaparecer en los próximos años.

## BIBLIOGRAFIA

Wynne-Roberts, C. R. & Riches, E. J.  
Introducción al Estudio del Trabajo  
Tercera Edición  
Oficina Internacional del Trabajo  
Impreso en Suiza  
1983

Swann, Don  
Execution is Key to Success of any System  
for Manufacturing Material Flow Control  
Volume 16, No. 10  
Industrial Engineering  
Impreso en E.U.A.  
Octubre, 1984

Plossl, George W.  
Control de la Producción y de Inventarios  
Principios y Técnicas  
Segunda Edición  
Prentice Hall Hispanoamericana S.A.  
Impreso en México  
1987

Love, Stephen F.  
Inventory Control  
Mc Graw Hill  
Impreso en E.U.A.  
1979

Haro Cortes, Ramón de  
Proyecto de una fábrica de soportes de lentes para  
fines médicos o de protección ocular, considerando  
las exigencias del mercado mexicano  
Tesis Ingeniero Mecánico, IPN  
E.S.I.M.E  
1963

Johnson, Alf H., Weeks, Bertram A., Weller, Frederick H.  
The Optical Shop and Counter  
The Professional Press, Inc.  
Impreso en EUA  
1934

Orlicky, Joseph  
Material Requirements Planning  
The New Way of Life in Production and  
Inventory Management  
Mc Graw Hill  
Impreso en E.U.A.  
1975

Schonberger, Richard J.  
Técnicas Japonesas de Fabricación  
Tercera Reimpresión  
Noriega Limusa  
Impreso en México  
1990

Schonberger, Richard J.  
Manufactura de Categoría Mundial  
Aplicación de las Últimas Técnicas para Optimizar la Producción  
Editorial Norma  
Impreso en Colombia  
1989

Goddard, Walter E.  
Just In Time  
Surviving by Breaking Tradition  
The Oliver Wight Companies  
Impreso en E.U.A.

Goldratt, Eliyahu & Cox, Jeff  
La Meta  
Un Proceso de Mejora Continua  
North River Press, Inc.  
Impreso en E.U.A.  
1986

Goldratt, Eliyahu & Fox, Robert E.  
La Carrera  
Segunda Edición  
Ediciones Castillo  
Impreso en México  
1992

**Ishikawa, Kaoru**  
**¿Qué es el Control Total de Calidad?**  
**La Modalidad Japonesa**  
**Editorial Norma**  
**Impreso en Colombia**  
**1986**

**Feigenbaum, Armand V.**  
**Control Total de la Calidad**  
**Segunda Edición**  
**Editorial CECSA**  
**Impreso en México**  
**1986**

## APENDICE

Las superficies convexas más comunes son -4.00 D., -6.00 D. y -8.00 D. (la D. es el acrónimo de Dioptría, la cual es explicada más adelante dentro del apéndice, por el momento baste decir que cuanto mayor el número de dioptrías mayor es lo que conocemos como aumento o graduación. Y que la base es la curvatura exterior del lente, el aumento estará dado por la diferencia de curvaturas exterior e interior).

Aunque el mercado se ha inclinado fuertemente a la base 6(-6.00 D.), dejando las otras para casos especiales. Al cóncavo no se le dá ninguna curvatura en especial, se deja para darle a cada paciente la graduación que necesite. Sólo se le hace un pulido para detectar mejor cualquier problema de calidad, aunque suele venir de la misma base que el convexo para no tener aumentos.

Como ya se había mencionado con anterioridad, la curva que más nos interesa, es la convexa, o sea la exterior, ya que la cóncava sólo ha de pulirse para más fácilmente poder detectar posibles defectos de acabado en el convexo o en el interior de la oblea. Pues es, precisamente en el cóncavo donde el óptico habrá de darle la curvatura específica necesaria para satisfacer la necesidad de graduación de un cliente en especial. Destruyendo así la curva y el acabado que le dejemos al lente.

Las adiciones (poder extra que dá la oblea o curva para vista cercana) también se han estandarizado, y van de 0.50 D. a 4.00 D. en escalonamiento de 0.25 D.

En cuanto a los rayos de luz se clasifican en tres tipos de acuerdo a la posición que guardan unos con respecto a otros, teniendo: convergentes, divergentes y paralelos.

Los rayos de luz son emitidos divergentemente de cualquier cuerpo luminoso, pero en el estudio de la refracción sólo se considerarán divergentes los que provengan de un punto de menos de 6 metros.

Para cuestiones prácticas se considerarán paralelos los rayos provenientes de un punto situado a 6 metros o más de distancia. Esto se debe a que se considera una pupila abierta con un diámetro de 4 mm. y un punto a 6 m. (6000 mm.), los rayos tendrán una divergencia de  $4 / 6000$  al entrar a la pupila, lo cual es despreciable para efectos prácticos.

Los rayos convergentes son producidos por la reflexión de un espejo cóncavo o la refracción de un lente convexo.

Además se les puede clasificar de la siguiente manera:

**Incidentes.-** Son los que chocan contra la superficie de un objeto.

**Emergentes.-** Son los que pasan a través de una substancia transparente o traslúcida.

**Reflectados.-** Son los que son desviados en su trayectoria al atravesar un lente convexo o después de la reflexión en un espejo cóncavo.

Además se tienen dos tipos de focos:

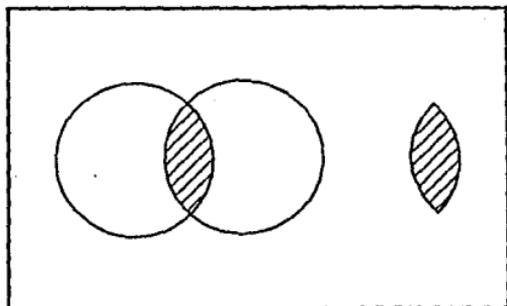
**Foco positivo o real.-** Es el punto a donde son dirigidos los rayos después de atravesar un lente convexo o después de la reflexión en un espejo cóncavo.

**Foco negativo o virtual.-** Es el punto del cual los rayos parecen diverger después de atravesar un lente cóncavo o de reflectarse en un espejo convexo.

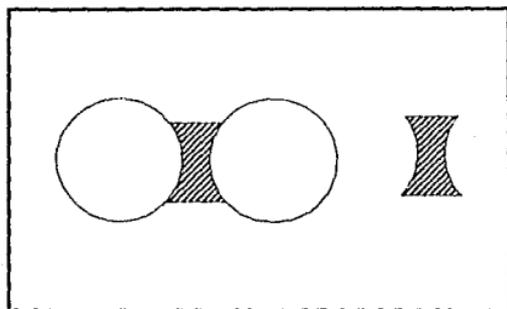
Dependiendo de la curvatura de sus superficies se les designa con la siguiente nomenclatura, mencionando además el efecto que provocan en los rayos de luz:

*Bi-convexo*, i.e. ambas superficies convexas. Efecto: la suma de ambas superficies, modificada ligeramente por el grosor del lente, provoca una mayor convergencia. A las superficies convexas se les denomina positivas, +, colectivas o magnificantes. Fig. A.1.

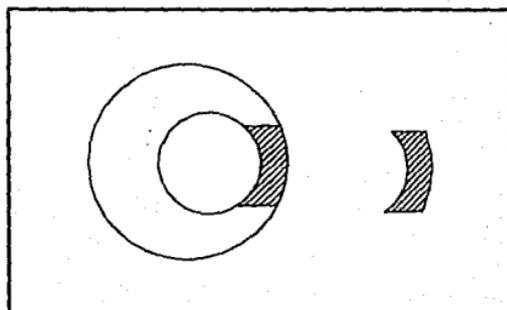
*Bi-cóncavo*, i.e. ambas superficies cóncavas. Efecto: la suma de ambas superficies, modificada ligeramente por el grosor del lente, provoca una mayor divergencia. A las superficies cóncavas se les denomina negativas, -, dispersantes o minificantes. Fig. A.2.



*Fig. A.1 Bi-convexo*



*Fig. A.2 Bi-cóncavo*



*Fig. A.3 Convexo - Cóncavo (menisco)*

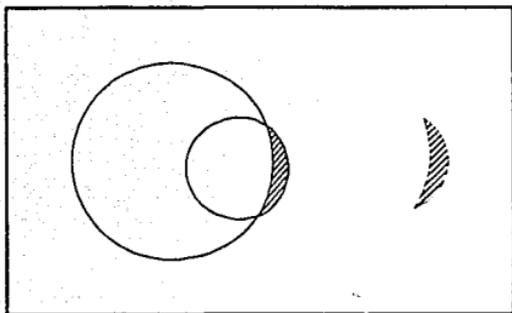
*Convexo-Cóncavo (menisco)* i.e. La superficie frontal positiva, la superficie trasera negativa, dominando la acción positiva. Efecto: la diferencia entre las dos superficies, modificada ligeramente por el grosor. También conocida como menisco cóncavo, menisco divergente y cóncavo periscópico. Fig. A.3.

*Cóncavo-Convexo (menisco)* i.e., similar al anterior, pero predomina la superficie negativa. Efecto: como el anterior. Se le denomina también convexo periscópico, menisco convexo o menisco convergente. Fig. A.4.

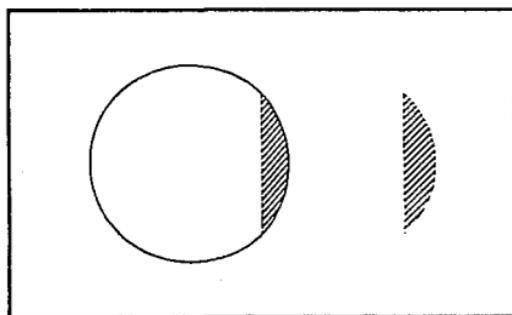
*Plano-Convexo* y *Plano-Cóncavo* i.e., con una superficie curva y la otra plana. Sirven para modificar el tamaño de la imagen resultante. Fig. A.5a y A.5b.

*Compuesto* i.e., combinando esfericidad y cilíndricidad, con una curva en cada superficie. No se representa por su propia complejidad.

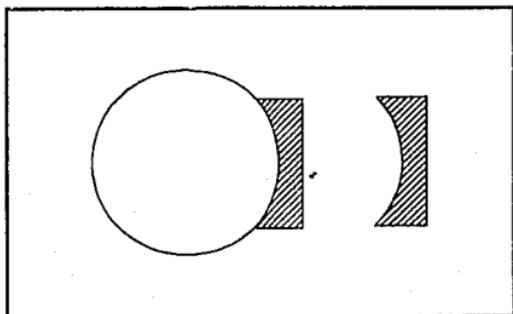
Los bi-cóncavos y bi-convexos son rara vez utilizados en oftalmología por su apariencia. Los convexos en la superficie exterior y los cóncavos en la superficie interior son los más utilizados.



*Fig. A.4 Cóncavo - Convexo (menisco)*



*Fig. A.5a Plano Convexo*



*Fig. A.5b Plano Cóncavo*

A un lente se le puede caracterizar por su longitud focal o por su inverso, el poder del lente. En la óptica se estableció una medida: la dioptría, la cuál se adoptó en el Congreso Internacional de Oftalmología en 1867 para estandarizar la medida del poder de los lentes. Se definió la dioptría como el recíproco de un metro. Quedando su abreviatura como D.

Teniendo:

$$1 \text{ Dioptría} = \frac{1}{1 \text{ metro}}$$

$$2 \text{ Dioptrías} = \frac{1}{1/2 \text{ metro}}$$

$$1/3 \text{ Dioptrías} = \frac{1}{3 \text{ metros}}$$

Es decir, si se tiene un lente con distancia focal de 2 metros su poder será de .5 D., siendo la fórmula:

$$P = 1 / f$$

donde  $f$  es la distancia focal en metros y  $P$  el poder focal en Dioptrías.

Teniendo que si un lente hace converger rayos paralelos se tiene un lente positivo, y si los hace diverger es negativo. Una manera fácil y rápida de verificar el signo de un lente es moviéndolo lateralmente, observando un objeto a través de él. Si el movimiento de la imagen va en sentido contrario al del lente, éste es positivo y si va en el mismo sentido éste es negativo. Cuanto mayor sea el poder del lente mayor será el movimiento, siendo proporcional al cuadrado del poder del lente.

El poder refractivo de un lente es el resultado neto de la curvatura, del índice refractivo del material y de su espesor. Para fines prácticos el índice de refracción de un lente es su propio índice menos uno, teniendo que el índice relativo es:

$$(n-1) / n$$

Siendo "n" el índice de refracción del material. La fórmula para determinar las dioptrías de una curva es:

$$D = (1 / r) [(n - 1) / n]$$

donde r es el radio de curvatura en metros.

Al pasar la luz del aire al vidrio es refractada hacia la normal ( en relación al índice relativo del vidrio y de la curvatura de la superficie ); al salir, la luz es refractada alejándola de la normal (en relación al índice relativo y a la curvatura). La refracción neta está determinada por la suma algebraica de las dos curvas y el grosor.

La fórmula para determinar las dioptrías totales de un lente es:

$$D = D_1 + D_2 - (D_1 D_2 t / n) ,$$

obteniendo  $D_1$  y  $D_2$  de la fórmula anterior para cada superficie,  $t$  el grosor en metros y  $n$  el índice absoluto de refracción del lente.