

300617

7  
2 ej



**UNIVERSIDAD LA SALLE**

**ESCUELA DE INGENIERIA  
INCORPORADA A LA U. N. A. M.**

**ANALISIS DEL FLUJO PRODUCTIVO EN UNA  
ENSAMBLADORA DE CIRCUITOS  
ELECTRONICOS**

**TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
AREA INDUSTRIAL**

**P R E S E N T A :  
LISANDRO FORSECK HOGG**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**México, D. F.**

**1986**



## **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.

## TEMARIO

	Página
<b>INTRODUCCION</b>	
<b><u>CAPITULO I: LA INVESTIGACION DE OPERACIONES</u></b>	<b>2</b>
1.1 Teoría de Colas	2
1.1.1 Conceptos de la teoría de las líneas de espera.	4
1.1.2 Aplicaciones de la teoría de las colas.	6
1.2 Teoría de inventarios	8
1.2.1 Los conceptos del inventario	8
1.2.2 Las funciones del inventario	9
1.2.3 Costos del inventario	11
<b><u>CAPITULO II: MEDICION DEL TRABAJO</u></b>	<b>16</b>
2.1 Introducción a la medición del trabajo.	16
2.1.1 Importancia de los tiempos estándar de ejecución en las operaciones de manufactura.	16
2.1.2 Estudio de tiempos.	22
2.2 La influencia del método de incentivos para el pago de salarios.	26
2.2.1 El principio del método de incentivos.	26
2.2.2 El tipo de estándar conveniente para un plan de incentivos.	27
2.2.3 La interacción entre el método de incentivos y el estudio de tiempos.	29
2.3 El concepto de un tiempo estándar para una operación.	30

2.3.1 El tiempo estándar de ejecución de una - operación.	30
2.3.2 Métodos generales para medir el tiempo - estándar de una operación.	33
* Información Complementaria.	
<u>CAPITULO III: CONSERVACION DE LOS TIEMPOS ESTANDAR</u>	36
3.1 La necesidad de conservar los tiempos estándar.	36
3.2 Prevención de la obsolescencia de los estándares.	41
3.3 Detección de estándares obsoletos.	46
<u>CAPITULO IV: MAQUINAS DE PRUEBA AUTOMATIZADAS</u>	48
4.1 Concepto	48
4.2 Tipos de máquinas de prueba automatizadas.	48
4.3 Características y diferencias entre ellas.	49
4.3.1 Máquinas de prueba para fines electrónicos.	50
4.3.2 Máquinas de prueba para fines mecánicos.	52
4.3.3 Máquinas de prueba para fines químicos.	53
4.4 Aplicaciones	54
4.5 Limitaciones	58
* Información Complementaria	
<u>CAPITULO V: ANALISIS DEL FLUJO PRODUCTIVO</u>	59
5.1 Planteamiento del problema	59
5.2 Resolución del problema.	62
CONCLUSIONES	93
BIBLIOGRAFIA	94

## I N T R O D U C C I O N

En la actualidad se percibe un automatización cada vez mayor en la industria, en la agricultura, los medios de comunicación, al igual que en otras muchas áreas; todo este desarrollo por el cual está pasando la época actual, requiere de un sinnúmero de sistemas de control que faciliten la operación de la creciente variedad de maquinaria y ayudan a optimización de la misma. Este proyecto intenta cumplir algunos de los aspectos antes mencionados.

En la industria, se requieren líneas de producción que mantengan una velocidad constante, sin importar la variación de la carga.

El presente estudio se realizó para mostrar que el avance tecnológico que se está viviendo en la industria mexicana está al nivel de cualquier país en vías de desarrollo.

Una de las prioridades fundamentales que se considerará y expondrá a continuación es la viabilidad de dicho equipo.

El objetivo al escribir éste estudio ha sido el de exponer que la industria electrónica mexicana está avanzando y creciendo rápidamente en lo que se refiere a tecnología. Debido a esto surgen necesidades nunca antes consideradas, como el hecho de adquirir un equipo de prueba automático; y el análisis subsiguientes pretende dar elementos suficientes para poder tomar una decisión acertada en lo referente al estudio de viabilidad para la adquisición de un equipo automático.

## C A P I T U L O I

## LA INVESTIGACION DE OPERACIONES

## 1.1 TEORIA DE COLAS.

Todos hemos experimentado la frustración de estar haciendo cola para obtener un servicio. Por lo general parece ser - una pérdida innecesaria de tiempo. En nuestra vida privada tenemos la opción de buscar el servicio en otro lado ó de marcharnos sin el servicio. Tales deserciones tienen consecuencias económicas directas para la organización que proporciona el servicio. Cuando un cliente abandona una -- línea de espera, se convierte en un costo de oportunidad, se pierde la -- oportunidad de tener una utilidad al proporcionar el servicio. Un aspecto importante del diseño de sistemas es balancear este costo con el gasto de la capacidad adicional.

Una máquina que necesita reparaciones es un -- cliente para una instalación de servicio. Cuando la instalación está -- ocupada, la máquina tiene que esperar. La capacidad de producción se -- pierde durante el período de espera. El tiempo de espera se podría reducir disminuyendo el tiempo promedio para reparar una máquina, proporcionando mayores áreas para llevar a cabo la reparación y por medio de procedimientos especiales para dar prioridad al trabajo de reparación cuando - está seriamente retrasado con respecto a la demanda. No es del todo claro el efecto neto en una línea de espera de la ejecución de cualquiera de estas alternativas. Si se duplica el número de las instalaciones de servicio no se reduce necesariamente el tiempo de espera a la mitad, porque las descomposturas no ocurren a intervalos regulares y predecibles; -

además, el tiempo de reparación varía según la gravedad del daño. Los intentos para analizar tales situaciones han conducido al desarrollo de la teoría de las colas.

Existe un número increíble de situaciones en que ocurren líneas de espera dentro de la industria. Casi en todas las etapas de la producción algo se encuentra en un almacenamiento temporal: los papeles esperan a que un ejecutivo las firme, las piezas esperan para ser ensambladas, los pedidos esperan ser procesados y los materiales esperan para ser inspeccionados ó transportados.

En la mayoría de los casos se justifica tal almacenamiento con base en que el costo de la espera es menor que el costo de proporcionar servicio para eliminar la espera. Pero en algunas situaciones las líneas de espera provocan una congestión significativa y un aumento correspondiente en los costos de operación.

Por ejemplo, los barcos esperan en los muelles para ser descargados, los proyectos esperan la atención de los ingenieros, los aviones esperan para aterrizar en un aeropuerto y las descomposturas esperan la reparación del grupo de mantenimiento.

Sólo en aquellas condiciones en que se incurre en un costo substancial debido a la espera se necesita el análisis por medio de las técnicas de la teoría de las colas. El costo de un estudio -- completo puede ser considerable, suponiendo que existan analistas disponi-

bles y capaces de dirigir el estudio.

La teoría de las colas se basa en matemáticas complejas. Está interesada principalmente en las propiedades de las líneas de espera ( la distribución de llegadas y los tiempos de servicios, la política de servicio y consideraciones semejantes ), no con el costo de las evaluaciones. Una vez que se determina un modelo conveniente de colas, el costo de las comparaciones es relativamente directo. Se estudiarán algunas aplicaciones elementales a fin de obtener una apreciación de los fundamentos de la teoría de las colas.

La mayoría de las personas que toman decisiones administrativas no tienen ni iniciativa, ni inclinación, ni la debida preparación para llevar a cabo un estudio concienzudo sobre las filas de espera, sin embargo, deben tener una elemental preparación para decidir si se justifica un estudio que ponga en duda la razón de una solución dada -- por los especialistas. Es importante reconocer qué ecuaciones teóricamente correctas, producirán soluciones erróneas cuando éstas estén basadas en suposiciones que carecen de fundamento.

### 1.1.1 CONCEPTOS DE LA TEORIA DE LAS LINEAS DE ESPERA.

El lenguaje de la teoría de las líneas de espera es muy descriptivo. Un cliente es una persona, máquina u objeto que necesita servicio. El estar en fila es una acción ejecutada por el cliente. El cliente recibe el servicio por parte de una instalación de servicio. Cuando varios clientes pueden recibir el servicio al mismo tiempo, se dice que la instalación tiene varios canales. Una línea de espera o -

cola se forma siempre que existen clientes esperando o instalaciones ociosas.

Los clientes llegan a una instalación de servicios, de acuerdo con una distribución de llegadas ( intervalos, etc, tasa al azar o algún otro patrón ). El tiempo que se requiere para proporcionar el servicio deseado sigue una distribución de tiempos de servicio. - Si cada cliente necesitara exactamente el mismo servicio y fuera atendido por equipo automático, todos los tiempos de servicios serían constantes. Un caso más representativo es el servicio a máquina descompuesta en donde el tiempo de servicio para repararla depende del tipo de máquina, su condición y la seriedad del daño; el tiempo de reparación irregular.

A primera vista podría parecer razonable que -- nunca se formará una línea de espera cuando la tasa promedio de llegada es menor que la tasa promedio de servicio. El razonamiento es válido -- cuando ambos patrones son constantes, pero no es correcto para patrones irregulares. Los clientes siempre tienen que esperar cuando llegan en grupos en número mayor que el número de canales. De manera semejante, el tiempo ocasional de servicio que es mucho mayor que la tasa promedio provoca que se forme una línea de espera. Una línea de espera que siempre está creciendo la provoca la condición crítica de una tasa promedio de llegadas que es superior a la tasa promedio de servicio. En general, el número de clientes que tienen que esperar aumenta proporcionalmente conforme la tasa de llegadas tiende a la tasa de servicio.

La forma en que reciben servicio los clientes recibe el nombre de disciplina de la cola. La suposición más común es que se da servicio a quien llega primero sin que existan los desertores; los

clientes no se desalientan por la longitud de la cola y esperan pacientemente su turno para el servicio. Entre otras reglas se incluye:

A.- Se da servicio a quien llegó al final, como ocurre con algunas políticas de inventario.

B.- Un convenio de prioridad que permite que se dé servicio en primer lugar a un caso de emergencia.

C.- Una selección de azar que proporciona a cada cliente una oportunidad igual de ser el siguiente en recibir el servicio.

### 1.1.2 APLICACIONES DE LA TEORIA DE LAS COLAS.

La teoría de las colas ocupa un lugar importante entre los métodos administrativos. Es aplicable el problema siempre presente, ociosidad contra congestión. Es un tema bien conocido y de moda para los científicos de la administración. Pero de acuerdo con las encuestas llevadas a cabo por universidades y revistas, no se aplica tanto como otros métodos menos atractivos. Quizá quienes las emplean se alejan de la difícil presentación creada por formulaciones más elaboradas. Es posible que haya una carencia de datos o que se piense que el esfuerzo empleado en el análisis no proporcionará una respuesta significativamente inferior a la obtenida por procedimientos menos formales. Cualquiera que sea la causa, existe un potencial no aprovechado de los estudios de líneas de espera, pero el analista eficiente debe estar familiarizado con -

el tema en una forma más que casual.

La distribución de llegadas reales y de los --- tiempos de servicio tal vez no se ajusten a una de las distribuciones teóricas, ( Poisson, Normal, exponencial ó binomial ).

El costo del servicio a los clientes se determina muy fácilmente. Los rendimientos dan una buena indicación de los --- tiempos de operación y de las necesidades de materiales. Los costos del capital están dados por la política de depreciación. El costo de las -- instalaciones ociosas es principalmente una función del gasto de depreciación y de los salarios.

La predicción del costo para los clientes que esperan por lo común es incierta y siempre difícil. Cuando los clientes - llegan de fuentes internas, como las máquinas de una fábrica que se envían a una instalación de mantenimiento, el gasto de esperar en la cola es, - por lo menos, definible (la pérdida de producción por máquinas ociosas, - los salarios desperdiciados por tener operadores ociosos, las ineficiencias en una línea de producción causadas por una estación vacante, el costo extra de las máquinas de reserva o las existencias del inventario que con necesarias para reponer la falta de producción por una máquina descom puesta, congestión en una instalación de reparación causada por - un aumento de descomposturas, e interrupciones semejantes que se observan.

La estimación de los costos de espera para los

clientes externos en más difícil debido a su comportamiento incierto. - Algunos clientes pueden entrar a una cola y desertar posteriormente para irse con un competidor, cuando se cansan de esperar. La vista de una larga cola puede desalentar a clientes potenciales a que se unan a la línea de espera. Un antiguo cliente después de soportar un largo período de espera puede irse a efectuar sus negocios a otro lado. Las observaciones directas pueden señalar efectos de corto alcance de clientes que no se unen o que desertan de una cola. En la mayoría de las situaciones las reacciones a largo plazo sólo se pueden adivinar. Alguna forma de experimentación dirigida hacia la identificación de la población de clientes y su comportamiento es una guía para la suposición.

## 1.2 TEORIA DE INVENTARIOS.

### 1.2.1 LOS CONCEPTOS DEL INVENTARIO.

En el contexto de la producción, el inventario es un recurso ocioso. El recurso puede ser animado o inanimado. Por lo común es material de producción; Herramientas, piezas compradas, materias primas, artículos de oficina, productos en proceso, etc.

Que el recurso esté ocioso no significa que no tenga propósito alguno. Está disponible para cuando se necesite. Sirve como una póliza de seguro contra las descomposturas inesperadas, los retrasos y otros contratiempos que podrían interrumpir la producción actual. El seguro no es gratuito. El recurso ocioso puede dañarse o volverse obsoleto antes de que pueda ser útil para algún fin. De nuevo hay

entonces que asegurar un equilibrio económico entre el costo de la pérdida y el de prevenirla.

A principio de este siglo se desarrollaron fórmulas para analizar los problemas del inventario, pero no fue sino hasta la década de 1940 cuando las teorías se pusieron ampliamente en práctica. Esta área del problema común para todas las industrias, los costos involucrados justifican la necesidad de una atención detallada, y se abarcan -- pocas consideraciones intangibles. Estos factores conducen a formulaciones matemáticas muy definidas para los casos generales. Cuando los casos se vuelven más específicos, y en consecuencia más realistas, se requieren formulaciones más elaboradas.

### 1.2.2 LAS FUNCIONES DEL INVENTARIO.

Será bueno que el factor humano se pudiera excluir completamente de las consideraciones para el inventario. No es posible hacerlos. Los inventarios sirven para muchas funciones. Las personas asociadas con cada función preferirían una política de inventarios que dejará satisfecha primero su función preferida.

La función más importante de los inventarios es el aislamiento. Una reserva de materiales se puede usar siempre que un retraso en la etapa precedente amenace con detener las operaciones de la etapa siguiente. Las etapas aumentan la duración del ciclo de producción, desde los insumos iniciales hasta la entrega de la producción final. Las reservas de materiales se emplean para amortiguar el proceso de pro--

ducción con respecto a la incertidumbre de las entregas de material, para desacoplar las etapas progresivas del desarrollo del producto de interrupciones en etapas anteriores y para proporcionar un flujo continuo de producción terminada que satisfaga las demandas inestables de los clientes.

Las funciones aparentes de una política de inventarios pueden oscurecer en muchas maneras sutiles las operaciones de un sistema de producción. Las cargas de trabajo diarias y de temporada son establecidas por el inventario. Las necesidades de un trabajo estable permiten que los trabajadores tengan patrones de trabajo consistentes; los incentivos de salarios no son suficientes y la supervisión es más difícil cuando las cargas de trabajo fluctúan de un día para otro. Si se procura reducir la diferencia entre los máximos y los mínimos de la demanda de los clientes por medio de la formación del inventario durante los períodos de pocas ventas, se puede mantener una fuerza de trabajo relativamente constante. Esto evita una contratación apresurada en las épocas de mucho trabajo y los daños a la moral de trabajador o a las relaciones con la comunidad durante los períodos de despidos.

Los efectos menos obvios de los inventarios de productos terminados son semejantes a las consideraciones que se llevan a cabo para las instalaciones de servicio en la teoría de las colas.

Se podría aplicar con facilidad la definición de recursos ociosos para el inventario en la política de proporcionar estaciones extras de servicio para el servicio de emergencia. El comportamiento de las llegadas a una línea de espera o de las que ya se encuen---

tran en ella, los artículos que desean, pueden ir a alguna otra parte para hacer sus compras en vez de esperar a que el comerciante al menudeo - ordene el resurtido. Los artículos exhibición pueden crear un deseo superficial cuando aún está naciente la necesidad real. Este impulso para comprar le falta aún cliente que deserta de una línea de espera para probar el servicio en una estación competidora que no tenga línea de espera.

La política del inventario está relacionada íntimamente con la política de compras. La mayoría de los precios fluctúan positiva o negativamente con respecto a una línea general de tendencia. Una política de comprar precio bajo es un intento de hacer las compras siempre que el precio se encuentra abajo de la línea de tendencia. - Como el departamento de compra no tiene control en la estructura general de los precios, sus compras acumularán las existencias a intervalos y cantidades desiguales, según las condiciones del mercado. Cuando parece -- que una fuente de suministros cerrará temporalmente o que los precios se elevarán con rapidez, las compras grandes a un precio favorable umenta--rán en forma notable los niveles del inventario. Los ahorros aparentes de estas políticas de compra deben ponderarse con los costos del inventario por almacenamiento, manejo, depreciación y tasa de interés.

### 1.2.3 COSTO DEL INVENTARIO.

Se deben asignar costos a las diversas consideraciones del inventario para evaluar adecuadamente los méritos de las funciones que están en oposición. Los costos más importantes se describen a continuación;

## PRECIOS.

El valor de un artículo es su precio unitario de compra si se obtiene de un proveedor externo, o su costo unitario de producción si se produce internamente. La cantidad de que se invierte en un artículo que se está manufacturando es una función de su grado de refinamiento. El valor de un producto durante su etapa inicial de desarrollo es un poco mayor que el costo agregado de reunir las materias primas. Conforme avanza a través del ciclo de producción, acumula una parte del costo fijo de las instalaciones de producción, los costos directos e indirectos de mano de obra para las operaciones de refinamiento, y el costo directo de las adiciones de material. El precio unitario de compras externas también puede variar como una función de los descuentos por la cantidad comprada.

## COSTO DEL CAPITAL.

La cantidad invertida en un artículo es una parte del capital que no está disponible para otros propósitos. Si el dinero se invierte en otra cosa, se esperaría una recuperación de la inversión. Se hace un cargo al gasto del inventario para explicar esta recuperación que no se obtiene. La magnitud del cargo refleja el porcentaje de recuperación esperado de otras inversiones. El interés que se carga, se aplica al precio, para apoyar cualquier reclamación acerca del costo anual del capital.

### COSTO DE LA ORDEN.

Los costos de adquisición se originan en el gasto de hacer un pedido a un proveedor externo o en los costos de preparación para la producción interna. En los costos de orden se incluyen el costo fijo para mantener un departamento de adquisiciones y los costos variables de preparar y ejecutar las adquisiciones. Aún cuando las órdenes sean entregadas por otros departamentos de la misma compañía, se aplican los costos de la orden. La misma rutina de compra de comprobar los niveles del inventario, hacer los pedidos, la continuación, la inspección y poner al día los registros del inventario pertenece a la adquisición interna.

Los costos de preparación dan cuenta del trabajo físico que se lleva a cabo para preparar una corrida de producción ( equipo de preparación y máquinas de ajuste ) y se incluyen en ellos los costos de oficina de las órdenes para el taller, la programación y el despacho. Las órdenes externas, la adquisición interna y los costos de preparación permanecen relativamente constantes, independientemente de la magnitud de la orden.

### COSTO DE TENENCIA.

Los costos que se originan de muchas fuentes se agrupan con el nombre de costo de Tenencia. Por lo común se da un porcentaje o valor monetario al conjunto total para explicar todas las fuentes enlistadas a continuación. En general, los costos de tenencia permanecen fijas para una cierta capacidad del inventario y después varían con

la cantidad adicional que se almacene.

A).- Instalaciones de almacenamiento: Se necesitan edificios propios o rentados para almacenar el inventario. En el --gasto se incluyen el costo anual equivalente de la inversión si las insta--laciones son propias o la renta si son alquiladas, la calefacción, la luz y los impuestos a la propiedad.

B).- Manejo : En el costo de mover los artficu--los hacia, desde y dentro del almacenamiento se incluyen los gastos por --daños, salarios y equipo.

C).- Depreciación : El cambio en el valor de un artículo durante el almacenamiento lo provocan el deterioro, la mutila---ción y el robo que no están cubiertos por el seguro y la obsolescencia.

D).- El seguro : Una política conservadora con--siste en asegurar los artículos durante el almacenamiento. La protec---ción se basa por lo común en el valor monetario promedio del inventario.

E).- Impuestos : Algunos estados aplican un im--puesto periódicamente sobre el inventario durante un año según la canti--dad que se tenga en almacenamiento en determinado momento. En particu--lar en los canales de ventas al menudeo, tales como los distribuidores de

automóviles, es posible manejar los niveles del inventario de modo que -- los mínimos coincidan con las fechas de pago del impuesto.

#### COSTO DE OPORTUNIDAD.

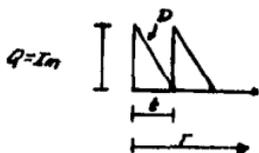
Se asocian dos tipos de costos con el agotamiento de las existencias cuando aún existe demanda del producto. El primero es el costo de las medidas de emergencia para apresurar una entrega urgente. Este costo se identifica fácilmente como la diferencia entre el costo usual de adquisición y el costo extra por el servicio urgente. El otro costo es más difícil de establecer porque hay personas involucradas en él.

Cuando los procedimientos de emergencia no pueden proporcionar el artículo deseado, el cliente queda insatisfecho. El único costo aparente es la pérdida de utilidad de la venta potencial al menudeo o la producción perdida. La reacción de un cliente insatisfecho en términos de negocios futuros es una estimación de costo de una naturaleza muy poco exacta.

## SISTEMAS DE INVENTARIO

- a) MODELO DE COMPRA SIN DEFICIT
- b) MODELO DE MANUFACTURA SIN DEFICIT
- c) MODELO DE COMPRA CON DEFICIT
- d) MODELO DE MANUFACTURA CON DEFICIT

### a) MODELO DE COMPRA SIN DEFICIT



$Q$ =Cantidad económica de pedir o lote económico de pedir

$I_m$ =Inventario máximo

Ecuación Gral:

$$C_{mfn} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

Supuestos:

La demanda se efectúa a tasa constante  
El reemplazo es instantáneo  
Todos los coeficientes de costos ( $C_1, C_2, C_3$ ) son constantes  
Cantidad económica de pedido es igual al inventario máximo

t=Tiempo entre pedidos ó el tiempo de un período  
T=Período planeado

$CT/año = \text{Costo Unitario}/año + \text{Costo de ordenar una compra}/año + \text{Costo de mantener el inventario}/año$

Para determinar el costo total/año determinaremos primero el costo por período:

$$CT/año = C' \times N$$

C'=Costo por período

N=Número de períodos

Costo unitario / período = C1 Q

C1= Costo por unidad

Q= Número de unidades que estoy pidiendo

Puesto que sólo se efectúa una compra por período, el costo de ordenar una compra es C2

Inventario promedio =  $\frac{Q}{2}$  ; por consiguiente el costo de manteni-

miento del inventario por período es igual a  $C3 \frac{t Q}{2}$

C3= Costo de mantener una unidad en inventario durante un año

t= Tiempo de un período en años

$$C' = \frac{C_1 Q + C_2 + C_3 t Q}{2}$$

$$t = \frac{Q}{D}$$

D = Demanda de un artículo (unidades / año)

$$N = \frac{D}{Q}$$

Sustituyendo:

$$CT/año = C_1 D + \frac{C_2 D}{Q} + \frac{C_3 Q}{2}$$

$$\frac{dC}{dQ} = 0 - \frac{C_2 D}{Q^2} + \frac{C_3}{2} = 0$$

$$Q = \sqrt{\frac{2 C_2 D}{C_3}}$$

#### COMPONENTES DE C1

Si la unidad se compra; entonces c1 es el precio de compra de la unidad (en manufactura)

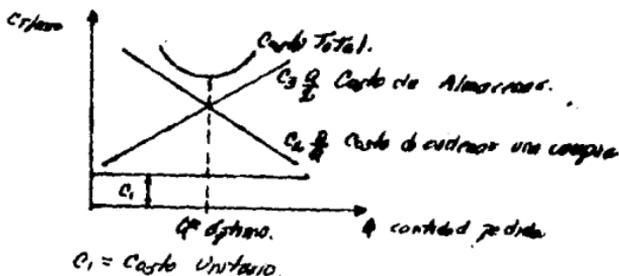
## COMPONENTES DE C2

El costo de hacer una compra, incluye costos de administración, costo de oficina involucrados en el procesamiento de una orden de compra, despacho, trámite del pedido, seguimiento de pedido y costo de transporte.

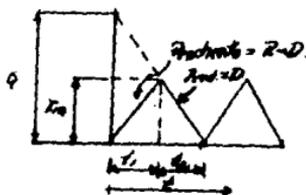
## ELEMENTOS QUE INVOLUCRAN C3

Dinero inmovilizado en el inventario, costo del espacio de almacenamiento, impuestos a los inventarios, costo de manipulación, seguros, obsolescencia, deterioro de la calidad del producto y costo de mantener los registros del inventario.

### GRAFICAMENTE



### b) MODELO DE MANUFACTURA SIN DEFICIT



$R = \text{Tasa de manufactura}$

$C_1 = \text{Mano de obra directa e indirecta, materiales directos e indirectos, gastos generales. Costo de producir una unidad.}$

C2= Costo de organizar una tanda de producción. incluye el costo de mano de obra de los materiales utilizados en la producción, costos de los ajustes necesarios para iniciar la producción.

C3= Costo de almacenar una unidad al mes.

$$C' = \frac{C1 Q + C2 + C3 (t1+t2)}{2} I_m$$

$$t1+t2 = \frac{D}{D} \quad \text{Tiempo por período}$$

$$I_m = t1 (R-D)$$

$$t1 = \frac{Q}{R}$$

$$I_m = \frac{D (R-D)}{R} = D \left( \frac{1-D}{R} \right)$$

$$C' = \frac{C1 Q + C2 + C3 \frac{D Q}{D 2} \left( \frac{1-D}{R} \right)}{2}$$

$$N = \frac{D}{Q} \quad \text{Numero de períodos}$$

$$C = C_1 D + C_2 \frac{D}{Q} + \frac{C_3 Q}{2} \left( \frac{1-D}{R} \right)$$

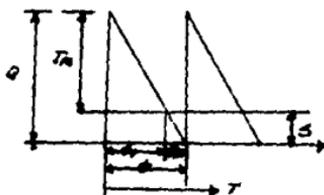
derivando:

$$\frac{dC}{dQ} = 0 = -\frac{C_2 D}{Q^2} + \frac{C_3}{2} \left( \frac{1-D}{R} \right)$$

$$Q = \sqrt{\frac{2 C_2 D}{C_3 \left( \frac{1-D}{R} \right)}}$$

C4= Costo debido al retraso en satisfacer una demanda. No se considera como el costo de ventas pérdidas. Incluye tiempo extra ocasionado por el déficit; costos especiales de administración, pérdidas de prestigio a causa de retraso, pérdidas de tiempo de producción, costos especiales de manipulación y empaque. Finalmente cualquier otro costo que pueda atribuirse al déficit.

### C) MODELO DE COMPRA CON DEFICIT



CT= f. C. unidad + C. pedir + C. almac. + C. déficit ] / año

$$C' = \frac{C_1 Q + C_2 + C_3 t_1 I_m}{2} + \frac{C_4 t_2 S}{2}$$

$$\frac{S}{2} = \text{No. medio de unidades agotadas / periodo}$$

C4 = Costo déficit de una unidad / año

$$I_m = Q - S$$

$$\frac{t_1}{I_m} = \frac{t}{Q}$$

$$t_1 = \frac{t I_m}{Q} \quad ; \quad t_1 = \frac{t (Q-S)}{Q}$$

$$\frac{t_2}{S} = \frac{t}{Q} \quad ; \quad t_2 = \frac{t S}{Q}$$

$$1 \text{ periodo} = \frac{Q}{D} = \frac{t}{D}$$

$$t_1 = \frac{Q / D (Q-S)}{Q} = \frac{Q-S}{D}$$

$$t_2 = \frac{Q}{D} \times \frac{S}{Q} = \frac{S}{D}$$

Sustituyendo:

$$C' = \frac{C_1 Q}{D} + C_2 + C_3 \frac{Q-S}{D} + \frac{Q-S}{2} + \frac{C_4 S^2}{2D} \quad / \text{ PERIODO}$$

Multiplicando por:

$$N = \frac{D}{Q}$$

$$C = \frac{C_1 D + C_2 D}{D} + \frac{C_3 (D-S)^2}{2D} + \frac{C_4 S^2}{2D}$$

$$\frac{dC}{dQ} = \frac{-C_2 D + C_3}{Q^2} - \frac{C_3 S^2}{2Q^2} - \frac{C_4 S^2}{2Q^2}$$

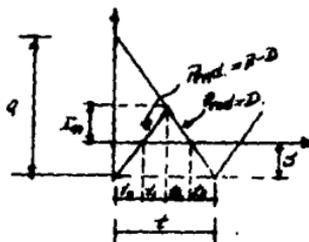
$$\frac{dC}{dS} = 0 = \frac{-C_3 + C_3 S + C_4 S}{Q}$$

$$S = \frac{C_3 D}{C_3 + C_4}$$

$$Q = \sqrt{\frac{2 C_2 D}{C_3}} \sqrt{\frac{C_3 + C_4}{C_4}}$$

$$S = \sqrt{\frac{2 C_2 D}{C_4}} \sqrt{\frac{C_3}{C_3 + C_4}}$$

d) MODELO DE MANUFACTURA CON DEFICIT



$$C^*T = \frac{C_1 D + C_2 + C_3 (t_2+t_1)}{2} \frac{Im}{2} + \frac{C_4 (t_3+t_4)}{2} \frac{S}{2}$$

$$I_m = t_1 (R-D) \quad ; \quad t_1 (R-D) = t_2 D$$

$$I_m = t_2 D$$

$$S = t_4 (R-D) \quad ; \quad t_3 D = t_4 (R-D)$$

$$S = t_3 D$$

$$(t_1+t_4) (R-D) = (t_2+t_3) (D)$$

$$Q = (t_1+t_4) R$$

$$\frac{Q}{R} = t_1 + t_4$$

$$I_m + S = (t_2+t_3) (D)$$

$$I_m + S = (t_1+t_4) (R-D)$$

$$I_m = \frac{Q (R-D) - S}{R} = Q \left( 1 - \frac{D}{R} \right) - S$$

$$t_1+t_2 = \frac{I_m}{R-D} + \frac{I_m}{D}$$

$$t_1-t_2 = \left[ Q \left( 1 - \frac{D}{R} \right) - S \right] \left( \frac{1}{R-D} + \frac{1}{D} \right)$$

$$t_3+t_4 = S \left( \frac{1}{R-D} + \frac{1}{D} \right)$$

$$C^*T = C_1 Q + C_2 + \frac{C_3}{2} \left[ Q \left( 1 - \frac{D}{R} \right) - S \right] \left( \frac{1}{R-D} + \frac{1}{D} \right) + \frac{C_4 S^2}{2} \left( \frac{1}{R-D} + \frac{1}{D} \right)$$

$$C'T = C_1 Q + C_2 \frac{D}{Q} + \frac{C_3}{2Q} \left[ Q \left( \frac{1-D}{R} \right) - S \right]^2 \left( \frac{1}{1-D/R} \right) + \frac{C_4 S^2}{2Q} \left( \frac{1}{1-D/R} \right)$$

$$A = \frac{1-D}{R}$$

$$\frac{dC}{dQ} = 0 = -\frac{C_2 D}{Q^2} + \frac{C_3 A}{2} - \frac{C_3 S^2}{2Q^2 A} - \frac{C_4 S^2}{2Q^2 A}$$

$$\frac{dC}{dS} = 0 = -\frac{C_3}{A Q} + \frac{C_3 S}{A Q} + \frac{C_4 S}{A Q}$$

$$Q = \sqrt{\frac{2 C_2 D}{C_3 (1-D/R)}} \sqrt{\frac{C_3 + C_4}{C_4}}$$

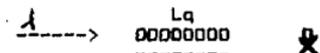
$$S = \frac{C_3}{C_3 + C_4} D \left( \frac{1-D}{R} \right)$$

$$S = \sqrt{\frac{2 C_2 D}{C_4}} \sqrt{\frac{1-D}{R}} \sqrt{\frac{C_3}{C_3 + C_4}}$$

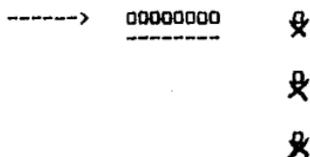
# FORMULAS DE LA TEORIA DE LAS COLAS:

## Sistemas Abiertos ó de Población Infinita

Canal Simple:

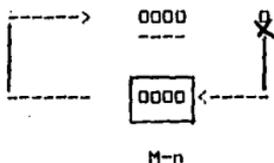


Canal Múltiple:

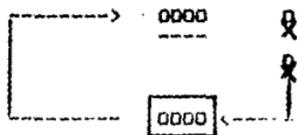


## Sistema Cerrado ó Población Finita

Canal Simple:



### Canal Múltiple:



1) Las llegadas siguen una distribución de Poisson:

$$P_n = \frac{e^{-\lambda} \lambda^n}{n!}$$

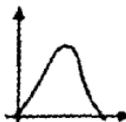
en donde:

$n$  = no. de descomposturas

$\lambda$  = no. promedio de descomposturas

$P_n$  = probabilidad de "n" descomposturas

Frecuencia



Llegadas

Patrón de una distribución de Poisson

2) Los servicios siguen una distribución exponencial:

2.

$$P(>T) = e^{-\mu t}$$

donde  $t$  = duración de un servicio



La tasa promedio de servicio es mayor que la tasa promedio de llegada,  $\mu > \lambda$ . (son aleatorias)

$\lambda$  = Tasa media de llegadas en clientes por unidad de tiempo

$t_s$  = Tiempo medio de servicio en tiempo / cliente

$\mu = \frac{1}{t_s}$  tasa media de servicio en clientes / tiempo

$L_q$  = No. medio de clientes en la fila de espera

$L$  = No. medio de clientes en el sistema. Incluyendo al que esta recibiendo el servicio

$W_q$  = Tiempo medio de espera en la fila

$W$  = Tiempo de permanencia en el sistema

$K$  = No. de estaciones de servicio

$\otimes$

$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$  Intensidad de trafico para  $K=1$   
y debe ser  $< 1$

Si no es así la fila tiende hacia el infinito.

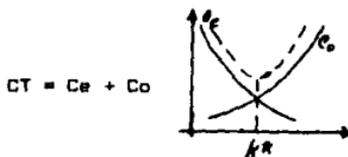
Para una  $K > 1$  el factor de utilización es:

$$F.U. = \frac{1}{K^{\mu}}$$

OBJETIVO: Minimizar una función de costo total que es igual a:

$CT_{\min} = C. \text{ espera} + C. \text{ ociosidad del servicio} + C. \text{ servicio}$

Gráficamente se representa de la siguiente manera:



$K^*$  = No. de estaciones de servicio que minimiza el costo

$$C_e = \lambda (B) Wq \text{ \$}$$

$\lambda$  = Costo / hora del camión

Fórmulas para Canal Simple:

Po = Probabilidad de que el servicio este desocupado

$$P_o = \frac{1 - \lambda}{\mu}$$

$$W_q = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)}$$

$$L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$$

$$W = \frac{1}{\mu - \lambda}$$

$$L = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$$

$$P_n = P_o \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^n$$

Probabilidad de que existan  
"n" personas en el sistema.

## Fórmulas para Canal Múltiple:

La probabilidad  $P_k$  de que una unidad que llega tenga que esperar.  
(probabilidad de que haya  $k$  o más unidades en el sistema)

$$P_0 = \frac{1}{\left[ \sum_{n=0}^{k-1} \frac{1}{n!} \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^n \right] + \frac{1}{k!} \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^k \frac{k \mu}{k \mu - \lambda}}$$

$$P_k = \frac{1}{k!} \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^k \frac{k \mu}{k \mu - \lambda} P_0$$

$$L = \frac{\lambda \mu \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^k P_0}{(k-1)! (k \mu - \lambda)^2} + \frac{\lambda}{\mu}$$

$$L_q = \frac{\lambda \mu \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^k P_0}{((k-1)! (k \mu - \lambda)^2)}$$

$$W_q = \frac{\mu \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^k P_0}{(k-1)! (k \mu - \lambda)^2}$$

$$W = \frac{\mu \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^k P_0}{(k-1)! (k \mu - \lambda)^2} + \frac{1}{\mu}$$

### Sistemas de Espera con Población Finita

M = Total de elementos de la población

n = Total de elementos en el sistema

$\lambda$  = Tasa media de llegada por cada cliente

Fórmulas de sistemas de Canal Simple:

Probabilidad de que el servicio este desocupado:

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{n=M} \left[ \frac{M!}{(M-n)!} \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^n \right]}$$

Probabilidad de " n " unidades en el sistema:

$$P_n = \frac{M!}{(M-n)!} \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^n P_0$$

No. medio de unidades en el sistema:

$$L = \sum_{n=0}^{n=M} n P_n = M - \frac{\lambda}{\mu} (1 - P_0)$$

No. medio de unidades en la fila de espera:

$$L_q = M - \frac{\lambda + \mu}{\lambda} (1 - P_0)$$

## Sistema Multicanal de Población Finita:

$K$  = No. de canales  $\therefore K > 1$

$M$  = No. de clientes asignados al sistema

$P_0$  = Probabilidad de no esperar

$P_N$  = Probabilidad de hallar "n" clientes en el sistema

$L$  = No. esperado de clientes en el sistema

$L_q$  = No. esperado de clientes en la cola

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{N=0}^{N=K-1} \left[ \frac{M!}{(M-N)! N!} \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^N \right] + \sum_{N=K}^{N=M} \left[ \frac{M!}{(M-N)! K! K^{N-K}} \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^N \right]}$$

$$P_N = \frac{P_0}{(M-N)! N!} \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^N \quad \text{donde: } 0 \leq N \leq K$$

$$P_N = \frac{P_0}{(M-N)! K! K^{N-K}} \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^N \quad \text{donde: } K \leq N \leq M$$

$$L = \sum_{N=0}^{N=K-1} N P_N + \sum_{N=K}^{N=M} (N-K) P_N + K \left( 1 - \sum_{N=0}^{N=K-1} P_N \right)$$

$$L_q = \sum_{N=K}^{N=M} (N-K) P_N$$

## C A P I T U L O II

### MEDICION DEL TRABAJO

#### 2.1 INTRODUCCION A LA MEDICION DEL TRABAJO.

Algunos productos demandan cierto tipo de piezas otros demanda otros y la frecuencia y duración de la demanda también varían; existe, por consecuencia, un complejo problema de programación. - El Departamento de Programación debe disponer de estimaciones razonablemente exactas de los tiempos para las diversas actividades de la planta, - si es que quiere evitar que la máquina estén ociosas durante mucho tiempo o para eliminar la confusión general que pudiera suscitarse en la sala de producción, y para que se puedan determinar y cumplir las fechas de embarque a los clientes. Estos tiempos se hacen necesarios, para que los programadores puedan pronosticar satisfactoriamente los tiempos de llegadas y de salida de los trabajos en las máquinas, para planear la llegada de los materiales que se reciben y por otra parte, mantener el orden y evitar un caos potencial.

#### 2.1.1 IMPORTANCIA DE LOS TIEMPOS ESTANDAR EJECUCION EN LAS OPERACIONES - MANUFACTURA.

Imaginamos una compañía manufacturera de tamaño

medio, la que produce una diversidad de artículos, algunos para inventario y otros, de acuerdo con las especificaciones de clientes. Como en la mayoría de las plantas, son muchas las razones que hacen necesario tener estimaciones de tiempos para sus operaciones de manufactura.

Cuando un cliente potencial envía las especificaciones de una pieza para su manufactura, la compañía debe cotizar un -- precio competitivo para ese trabajo; y para hacer su oferta, la compañía debe estimar el costo de manufactura, lo que a su vez requiere una estimación satisfactoria del tiempo que este producto requerirá del sistema de fabricación. Una compañía que no cuenta con estas estimaciones de tiempo, para cada una de las operaciones realizadas en su planta, se encontrará en una posición desventajosa cuando pretenda cotizar trabajos en prospecto; pues son obvias las consecuencias de una mala cotización, ya sea alta o baja. Por consiguiente, es muy importante poder disponer de estimaciones de tiempo para operaciones individuales, a partir de las cuales se pueda deducir el tiempo total de manufactura, para establecer el precio de un producto, no solamente cuando el producto se produce como un artículo estándar de inventario, sino también para situaciones en las que se produce de acuerdo con las especificaciones del cliente.

Debido a que se requiere cierto tiempo para las adquisición de equipo de producción y trabajadores con la habilidad requerida, es conveniente que los programadores estén en la posición de poder predecir las necesidades de equipo y mano de obra, basándose en pronósticos de producción a largo plazo. Las predicciones de las horas hombres y horas máquinas necesarias en el futuro, se obtienen a partir de las estimaciones de los tiempos para las operaciones, y de los volúmenes de producción previstos para períodos futuros.

Esta planta les paga a sus empleados de producción, de acuerdo con un plan de incentivos; bajo este sistema, el trabajador se le paga de acuerdo con la cantidad por la cual el excede a una --- cierta tasa de producción establecida para su trabajo; específicamente, - se le paga con base en la siguiente relación:

TIEMPO PERMITIDO = TIEMPO OFICIAL PERMITIDO PARA COMPLETAR EL TRABAJO/TIEMPO REALMENTE REQUERIDO PARA COMPLETAR EL TRABAJO.

Para que funcione un plan como éste, es necesario disponer de un tiempo permitido para cada operación, con el cual se - comparará el tiempo real que el trabajador emplea; asimismo, esta relación puede usarse como una base para decisiones concernientes a promociones, aumento de salarios y acción correctiva con respecto a los empleados ( adiestramiento adicional, transferencias, etc. ).

Igualmente, esta relación puede usarse para evaluar a todo un departamento, así como a su supervisor, si se acumula la - siguiente relación para un cierto intervalo de tiempo, digamos un mes:

TIEMPO PERMITIDO TOTAL = Horas totales oficialmente permitidas para completar el trabajo en cierto período/Horas totales requeridas realmente por el departamento para completar el trabajo.

Si esta relación es significativamente mayor -- que uno, se deberá considerar que el encargado del departamento está realizando un trabajo efectivo; pero si es significativamente menor que uno, entonces la Gerencia prestará una atención mayor el funcionamiento de ese departamento.

Son varias las razones por las que la compañía está interesada en estos tiempos permitidos para sus operaciones, pues -- ellos pueden usarse como base para establecer los costos estándar de las operaciones y los productos en toda la planta.

Cuando la Gerencia compara los costos reales -- los estándar, de las operaciones y de los productos, podrá descubrir los casos en que éstos son excesivos, y que es necesaria una acción correctiva.

Debe notarse que en una empresa manufacturera, existen dos tipos básicos de aplicaciones de las estimaciones de los tiempos, a saber; en la planeación y en la evaluación. Entre las primeras -- podemos citar a la programación, previsión de las necesidades de mano de obra, cotizaciones, determinación de precios, y elección entre hacer o -- comprar; siendo todas ellas decisiones concernientes a futuros cursos de acción de la empresa, tales como qué hacer, cómo y cuándo.

Entre los casos en que los tiempos estimados se usan como una base para la evaluación, podemos mencionar el método de pago de salarios por incentivos, el sistema de costos estándar y los presupuestos de control, pudiendo observarse que implican una decisión concerniente a la efectividad con la que desempeñan sus tareas asignadas el operador, el supervisor, la máquina, el departamento, etc.; las aplicaciones dentro de esta categoría, involucran una evaluación del rendimiento de operación.

Por medio de un ejemplo podemos fijar ideas -- respecto a las diferencias entre estos tipos de aplicación de los tiempos estimados. Supóngase que el operador A, emplea normalmente un promedio de 10 minutos para terminar una unidad de producto en la operación X; el tiempo estimado para que él termine un lote de 100 unidades en esta operación, será :

$$\frac{10 \text{ MIN. X } 100 \text{ UNIDADES}}{60 \text{ MIN. POR HORA.}} = 16.7 \text{ HORAS.}$$

De acuerdo con esto, el departamento de programación deberá tomar en consideración el hecho de que se espera que el trabajador A emplee 16.7 Horas en este trabajo, tanto al programar las operaciones subsecuentes que se efectuarán sobre este lote de 100 unidades, -- como al programar el operador A y a su máquina para éste y otros trabajos. Supóngase, además, que en virtud del desempeño en toda la planta, el tiempo que se considera normal para esta operación es de 12 minutos; entonces, cuando posteriormente el operador A ejecutó la operación X sobre las 100 unidades, requirió realmente tan sólo 15 horas en total, o sea, 9 minutos.

por pieza. El tiempo normal de 12 minutos indica que la operación X se ejecutó a una velocidad relativamente alta, ya que la relación :

TIEMPO PERMITIDO OFICIALMENTE  
TIEMPO EMPLEADO REALMENTE

Es de  $12/9$  ó  $1.33$ , y bajo el plan de incentivos se le pagaría al operador de acuerdo con esta relación. Deberá notarse que los 12 minutos se usan para evaluar el tiempo empleado en la ejecución de la operación, mientras que los 10 minutos estimados son una medición de este último.

Deberán apreciarse las maneras fundamentales diferentes en que se aplican estos dos tiempos estimados, y que el tipo de tiempo estimado que es más apropiado para la planeación, no es igualmente apropiado para la evaluación, y viceversa. Por ejemplo, para la planeación, en donde se intenta predecir el tiempo que se empleará en una operación, es lógico emplear una extrapolación lineal del tiempo de ejecución; sin embargo, esto no es apropiado para fines de evaluación, ya que se necesita otro tipo diferente de tiempo. En este caso, el tipo lógico de tiempo estimado que se usa es una norma o referencia, lo que en la práctica se conoce como un estándar ( los 12 minutos, en el ejemplo anterior ).

En la relación para el pago de salarios mencionados anteriormente, el tiempo estándar es el que se usa en el numerador, mientras que lo que se quiere predecir es el denominador.

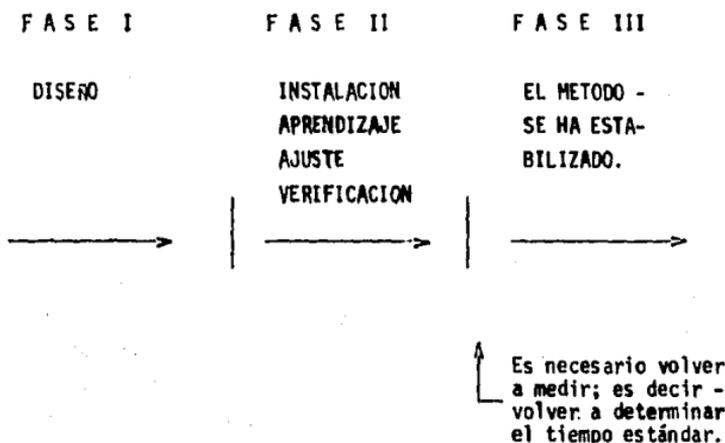
Por consiguiente, para la planeación, se necesita un pronóstico, mientras que para la evaluación se necesita un estándar. El pronóstico del tiempo real deberá representar lo que hará el trabajador que se asigne al trabajo. Independientemente de que éste tiempo sea o no satisfactorio, deberá conocerse para planear el flujo de materiales y la utilización del equipo; además, el tiempo estándar es independiente del operador particular que se asigne al trabajo y de la velocidad a la que él produzca; así, para el trabajo X del ejemplo anterior, el tiempo estándar es de 12 minutos, sin importar quien lo ejecute; este es un tiempo que será usado para evaluar y no para predecir la velocidad de producción del trabajador.

No obstante que, lógicamente, se necesita dos tipos fundamentalmente diferentes de tiempo estimados, comúnmente sólo se establece el tiempo estándar para una operación, usándolo como fines de evaluación y planeación; por consiguiente, en lo que resta del capítulo se hará énfasis en los métodos para obtener el tiempo estándar que requiere una operación.

## 2.1.2 ESTUDIO DE TIEMPO

En muchas ocasiones se encuentra que el tiempo de ejecución estimado por el diseñador, para una operación nueva o perfeccionada, resulta lo suficientemente exacto una vez que el trabajo se ha realizado, por lo que puede verse para los fines de planeación y evaluación descritos. Sin embargo, esto no sucede siempre, sino que con frecuencia tiene que revisarse el tiempo estándar hecho por el diseñador después de que la operación ha sido instalada y ha trabajado sin problemas, si

es que ha de usarse con los fines mencionados. Gran parte de la discrepancia entre el tiempo estándar que se predijo, y el que subsecuentemente comprueba ser el más apropiado, se debe a los cambios de métodos que se efectúan entre la fase de diseño y cuando la operación ha sido ya instalada y probada satisfactoriamente. De ordinario, existe un tiempo considerable entre las fases I y III, mostradas en el diagrama que se incluye. Con frecuencia, existen oportunidades y razones para que las especificaciones originales del diseñador cambien durante este período.



Las especificaciones originales se modifican, - debido a que el diseño original no se adapta a la realidad, a que durante ese lapso se descubren ideas mejores, o a que el método especificado se in tente adaptar a un operador en particular; consecuentemente, cuando la -- operación está en la fase III instalada y operando sin problemas, frecuentemente se hace necesario efectuar un estudio de tiempos especial, para es

establecer el tiempo de ejecución estándar, que sea representativo del método finalmente desarrollado.

Muchos estudios de tiempo se efectúan completamente aparte del proceso de diseño, de modo particular en aquellas operaciones en la planta para las cuales el método no ha sido nunca diseñado formalmente por un ingeniero, aunque para ello la Gerencia requiere tiempos estándar. Por consiguiente, debido a la necesidad de volver a medir las operaciones diseñadas formalmente, y a que la Gerencia desea disponer de tiempo estándar para todas las operaciones, a las cuales le da una gran importancia, la compañía cuenta con un departamento de estudio de tiempo, creado con el propósito de establecer los tiempos estándar para las operaciones de manufactura de la compañía.

A quienes no estén familiarizados con esta especialidad, les causará sorpresa pensar que lo que parece algo tan rutinario, consistente sólo en observar el reloj y escribir las letras, sea en realidad un asunto tan explosivo, problemático y que origine tanta controversias; y realmente, ha llegado a ser el origen de una cantidad casi increíble de fricción entre los obreros y la Gerencia.

Uno de los muchos factores que disipan tales características rutinarias a este proceso, es el hecho de que el fenómeno que se mide se ve afectado considerablemente por el mismo acto de medirlo; ya que el proceso de realizar un estudio de tiempos es comparable a un policía que observa a un grupo de muchachos traviesos; su sola presencia origina automáticamente un cambio en el comportamiento del grupo.

Otro factor que complica el asunto es el hecho de que, en general, una vez que se establezca el estándar, éste no puede reducirse arbitrariamente, aun cuando la compañía se da cuenta de que los tiempos son muy liberales, pues existe una cláusula muy estricta en la mayoría de los contratos obrero - patronales, por lo que la compañía puede reducir el tiempo estándar únicamente si se efectúa un cambio considerable en la operación en sí, o si se cometió un error de oficina al determinar el estándar.

Algo que indica su naturaleza vivida y originaria de controversias, es el interés vital que tienen los sindicatos en el procedimiento seguido, en los resultados obtenidos en el estudio de tiempo.

Por consiguiente, detrás de los estudios de --- tiempos existe mucho más de lo que pudiera parecer a primera vista; los problemas que de ellos se originan son ciertamente numerosos, de gran --- trascendencia, y con frecuencia, molestos; pero a pesar de su naturaleza problemática, los resultados del proceso del estudio de tiempo son vitales para la gerencia.

No se debe subestimar el interés que las gerencias tienen para obtener una tasa elevada de producción, o la necesidad -- que tienen de disponer, de antemano, de las estimaciones de su productividad, todo ello para que se puedan planear adecuadamente las actividades y adquisiciones.

## 2.2 LA INFLUENCIA DEL METODO DE INCENTIVOS PARA EL PAGO DE SALARIOS.

Debido a la influencia que tiene el método de incentivos para el pago de salarios sobre los estudios de tiempo, políticas y problemas, debemos desviar nuestra atención de ello por ahora, para posteriormente discutir este asunto con más detalle. Para poder entender los problemas concientes al estudio de tiempo, es muy útil entender, primero, las demandas de un plan de incentivos, con relación al tipo y calidad de los tiempos estándar necesarios, para así poder apreciar la magnitud y origen de las dificultades que surgen si estas demandas no se satisfacen.

### 2.2.1 EL PRINCIPIO DEL METODO DE INCENTIVOS.

Este principio implica establecer una rapidez - estándar de trabajo, recompensando con dinero extra a los trabajadores -- que la superan.

Ordinariamente esta bonificación varía en proporción directa con el grado en el que se supera el estándar.

Este principio tiene una garantía, ya que al empleado se le garantiza su salario base, ya sea que trabaje a la velocidad estándar, o a una velocidad menor.

## 2.2.2 EL TIPO DE ESTANDAR CONVENIENTE PARA UN PLAN DE INCENTIVOS.

La tasa estándar de producción, o su recíproco, tiempo por unidad producida, deben satisfacer ciertos requerimientos de exactitud, ya que son una determinante de importancia en la paga de recibe el trabajador. A continuación se citan algunas de las características de estos conceptos:

1.- Los estándares para operaciones diferentes, deben ofrecer aproximadamente la misma oportunidad de aumentar el dinero ganado; esto es, deben ser consistentes entre ellos, respecto a la oportunidad para obtener incentivos. Si para algunos trabajos, en la planta, -- los estándares son tales que permiten a una persona sobre pasarlos y excederlos considerablemente, mientras que para otros están tan ajustados que no existe si quiera el incentivo de tratar de igualarlos, es seguro que -- surgirán problemas entre los empleados, y entre éstos y la compañía'

Bajo tales estándares desiguales, se presentará una cantidad increíble de insatisfacción, fricción, transferencias, trampas, y en general, relaciones laborales deficientes, lo que redundará en un costo considerable para la compañía.

2.- Las tasas de producción que representan -- los estándares para una compañía para una compañía, no deben ser tan bajas (flojas) que se requiera muy poco esfuerzo de parte de los trabajadores para igualar o sobrepasar esos estándares; y que en consecuencias sea muy poco, o nulo el aumento que se logre en la productividad, a cambio - - -

del salario extra que se paga. Por otra parte, los estándares no deben ser tan altos (ajustados) como que para que los trabajadores sientan -- que el esfuerzo extra que se requiere para satisfacerlos es excesivo y -- consecuentemente disminuyan su productividad en el trabajo, cobren su garantía, y frustren así todo el propósito del plan de incentivos.

No es difícil satisfacer el segundo requerimiento, ya que parece existir un amplio límite de niveles de ejecución que son razonables y, aparentemente, satisfactorios; sin embargo, esto no es cierto para el primer requerimiento, puesto que los trabajadores son muy sensitivos a las inconsistencias; ya que fácilmente detectan las diferencias entre los estándares para trabajos diferentes, y también se muestran fácilmente insatisfechos con esta situación, siendo difícil pacificarlos, ya que sus salarios van en juego. Por consiguiente, deberá procurarse -- que los estándares de tiempo sean consistentes en el mayor grado posible, pues de lo contrario las consecuencias serían costosas. No obstante que la consistencia es una característica crítica en un grupo de tiempo estándar, no es la única aunque, sí resulta muy difícil de lograr en la práctica. A pesar de ésta, los planes de incentivos se usan ampliamente en la industria, especialmente en las compañías grandes y de tamaño medio.

El fin primordial de emplear este método de pago, es el obtener una productividad mayor, y por lo mismo, una utilización más eficiente de las instalaciones disponibles. Si el plan de incentivos pudiera inducir a los trabajadores a producir un 50 por ciento -- más de lo que producen bajo el método de pago directo (producir 150 unidades en vez de 100 unidades por hora), probablemente la compañía podría obtener la producción deseada con sólo dos tercios del número de máquinas y del espacio necesario, etc., que se requerirían en el caso contrario.

### 2.2.3 LA INTERACCION ENTRE EL METODO DE INCENTIVOS Y EL ESTUDIO DE TIEMPO.

El grado en que el método de incentivos ejerce su influencia sobre la teoría y la práctica del estudio de tiempos, se -- ilustra por el hecho de que el tipo de tiempo estimado que ordinariamente se obtiene del estudio de tiempo, llamado tiempo estándar, y el nivel de desempeño que este estándar representa, son intentos claros de satisfacer los requerimientos impuestos por el método de incentivos; en otras pala-- bras, se realizan todos los esfuerzos para obtener un estándar que sea el más adecuado para el método de incentivos, como si el estándar se usase - únicamente con ese fin, lo cual, desde luego, no es cierto.

Es evidente que el método de incentivos afecta el estudio de tiempos en muchas otras formas; por ejemplo, el hecho de -- que la gerencia generalmente no puede ajustar un estándar una vez estable cido, aun cuando se haya cometido un error al establecerlo, se puede rela cionar con el uso que el método de incentivos hace de los estándares. - Los mismo ocurre en cuanto al cambio pronunciado que se efectúa en el de-- sempeño de un operador cuando se le hace un estudio de tiempos y en cuanto a las numerosas cláusulas restrictivas que aparecen en los contratos - obreros-patronales, concernientes a las especificaciones del procedimien-- to de estudio de tiempos; también, la influencia de este método de incen-- tivos se hace patente, por las severas presiones encontradas y a las que suele someterse al técnico en estudio de tiempos: La Gerencia, por un la-- do, pidiéndole un costo menor de mano de obra y el sindicato, por el otro pidiendo aumento de salario: De hecho, la filosofía general dentro del - campo del estudio de tiempos se ve fuertemente influida por el método de incentivos.

## 2.3 EL CONCEPTO DE UN TIEMPO ESTÁNDAR PARA UNA OPERACION.

En términos cuantitativos, un estándar de medición es el denominador ( la base ) de la expresión para un fenómeno o característica; ejemplos de estándares comunes, son la yarda, el segundo, - el grado y la hora.

Como cualquier estándar, la unidad de medición es arbitraria: sus únicos requerimientos son que sea aceptada por aquellos que la usan, y que sea comunicable. Podríamos expresar satisfactoriamente la distancia en términos de la longitud de la cola de cierto elefante, siempre y cuando las personas afectadas supieran lo que esto significaría; por consiguiente, un estándar no necesita ser universal, únicamente debe aceptarse por aquellas personas que lo utilicen; estas personas podrían ser únicamente dos individuos, o en nuestro caso, el personal de la planta o compañía.

### 2.3.1 EL TIEMPO ESTÁNDAR DE EJECUCION DE UNA OPERACION.

Resultará útil expresar, desde un principio, y - desde varios puntos de vista, el concepto de tiempo estándar de ejecución. Uno de tales puntos de vista, utiliza la noción de un trabajador especial e hipotético, que realiza todas las operaciones de la planta a la misma - velocidad de trabajo. Para fines de medición, pudiera confiarse siempre en que él desempeñaría las operaciones que se le soliciten, a la misma velocidad de movimientos; entonces, el tiempo estándar para cualquier operación, sería el tiempo requerido por este operador para ejecutar el acto -

de trabajo en cuestión; sería el tiempo necesario para completar esa operación cuando se ejecuta a una velocidad de trabajo que es común a todos los otros tiempos estándar de operación de la planta.

El segundo punto de vista, emplea un instrumento hipotético llamado " MEDIDOR ESTANDAR DE MINUTOS ", con el cual se supone que el tiempo estándar de una operación puede medirse directamente.

Este medidor hipotético proporciona el tiempo - que se emplea para completar una operación de terminada, como si fuera ejecutada a la velocidad estándar de trabajo independientemente de cuál sea - la velocidad a la que realmente trabajó el operador en observación: el - operador puede trabajar muy aprisa, muy despacio, o a cualquier velocidad intermedia, pero el medidor ignora esto y siempre lee lo mismo para esa -- operación, siempre y cuando el método permanezca el mismo. Independiente de la rapidez de ejecución realmente observada, este medidor reduce automáticamente el tiempo real a minutos estándar, el tiempo observado se convierte en un tiempo que representa un cierto nivel de ejecución, uniforme para todos los tiempos estándar de operaciones en la planta.

A partir de aquí, por desempeño normal, entendemos la rapidez de ejecución del trabajo, con base en los tiempos estándar de la compañía. Existen muchas ideas equivocadas con respecto a la naturaleza del desempeño normal, por consiguiente, conviene insistir en - que :

1.- La velocidad de trabajo particular, que una compañía persigue como desempeño normal, es un concepto de naturaleza arbitrario.

2.- La velocidad de trabajo que se selecciona - generalmente puede ser excedida por la mayoría de los trabajadores sin un esfuerzo extraordinario.

3.- El desempeño normal no es :

a) La velocidad óptima de trabajo.

b) Un nivel promedio del desempeño de un departamento, planta, industria o nación, pues no se obtiene de ninguna población específica de trabajadores.

c) No universal, es un asunto local que compete a una compañía o a una planta. Existe una diferencia substancial entre lo que diferente compañías denominan desempeño normal.

d) Lo que algunas llaman velocidad justa de trabajo, es un concepto que aparentemente se deriva de la noción de un día justo de trabajo, ya que es un concepto impráctico, en tanto que la velocidad de trabajo y el salario por hora se consideran como dos cosas separadas y de hecho, aún cuando éstas se consideren simultáneamente, el asunto relacionado con su combinación justa, es más bien elusivo.

Además del concepto de una cierta velocidad de trabajo arbitraria llamada desempeño normal, la definición comúnmente aceptada del tiempo estándar de una operación, reconoce que, a largo plazo, nadie puede ejecutar repetidamente una operación sin encontrar algunos re

trasos y factores de tardanza, y que algunos de éstos son imposibles de evitar en cuanto al operador se refiere, y deberán, por lo tanto, tomarse en -- consideración dentro de un estándar, si éste ha de ser práctico; por lo anterior, el tiempo estándar de una operación deberá definirse como :

El tiempo necesario para completar un ciclo de -- una operación, cuando ésta se ejecuta con cierto método y a cierta velocidad de trabajo arbitraria, la cual incluye estipulaciones por retrasos que -- estén fuera del control del operador.

Este tiempo se expresa frecuentemente por unidad terminada; y será diferente del tiempo por ciclo, cuando se complete más -- de una unidad durante ese período. Deberá notarse que éste es un estándar que se aplica dentro de una planta, y no se espera que pueda transferirse a situaciones dentro de otras plantas, y mucho menos, que sea universal.

### 2.3.2 METODOS GENERALES PARA MEDIR EL TIEMPO ESTANDAR DE UNA OPERACION.

Desgraciadamente, no existe tal " medidor estándar de minutos " ni ningún equivalente satisfactorio, en su lugar, los siguientes métodos se usan en la práctica para estimar el tiempo estándar -- de una operación.

### 1.- DEDUCION DE EXPERIENCIAS ANTERIORES.

Basandose en la memoria o registros de las experiencias de producción anteriores, para la misma operación u operaciones similares.

### 2.- OBSERVACIONES Y MEDICION DIRECTAS.

Esto requiere observar directamente la operación al ser ejecutada, y medir adecuadamente esa ejecución. Se acostumbra --- usar dos métodos básicamente diferentes de observación directa:

- a) Estudio de tiempos de parar y observar.
- b) Muestreo del trabajo.

Para realizar un estudio de tiempo por el método de parar y observar, se requiere ir al lugar de trabajo, y medir con un cronómetro, el tiempo empleado en la operación que un trabajador ejecuta, de preferencia durante un cierto número de repeticiones consecutivas. Ordinariamente, el período de tiempo en que se realiza este estudio, es relativamente corto, soliendo ser menor de una hora; esto es contrario a lo que ocurre en el muestreo de trabajo que implica hacer observaciones intermitentes a lo largo de un prolongado período de tiempo, quizás de semanas o meses..

### 3.- SINTESIS.

Por medio del uso de tablas especialmente obtenidas de gráficas y fórmulas, es posible construir y sintetizar los tiempos estándar de una operación, sin necesidad de efectuar las mediciones directas, ni de observar las operaciones. Dos son los métodos sintéticos para establecer tiempos estándar que se usan actualmente:

a) Datos estándar.

b) Tiempos previamente determinados.

## C A P I T U L O    I I I

## CONSERVACIONES DE LOS TIEMPOS ESTANDAR

Recuérdese que uno de los objetivos principales de la vigilancia de los tiempos estándar, consiste en ayudar a mantener el estándar para cada operación, en condiciones tales que sea representativo del método y de las condiciones. El término conservación de los tiempos estándar, se usará para describir el proceso que consiste en mantener los estándares al día, con respecto a cambios en métodos y condiciones. Una estructura de tiempos estándar, al igual que la maquinaria, perderá rápidamente sus efectividad, a menos que se le mantenga apropiadamente; y la obsolescencia de los tiempos estándar, no significa otra cosa -- que resultados en satisfactorios de la planeación y del control de la manufactura y del plan de incentivos con el objeto de minimizar esta obsolescencia, es esencial que el departamento encargado del estudio de tiempos dé los pasos necesarios para minimizar las probabilidades de que ella ocurra, mantenerse informado del estado de sus estándares y realizar los ajustes que dicten los cambios de métodos y condiciones en la planta.

## 3.1 LA NECESIDAD DE CONSERVAR LOS TIEMPOS ESTANDAR.

El departamento encargado del estado de tiempos se pasará de ingenuo si opera bajo la suposición de que un trabajo y su medio ambiente permanecerán fijos, después de haber establecido el tiempo estándar.

Un tiempo estándar se hace obsoleto en la misma forma que una pieza del equipo; de hecho, el tiempo estándar es más vulnerable a la obsolescencia que la pieza del equipo; además, el tiempo estándar obsoleto es generalmente menos obvio que una máquina en condiciones similares. Si el departamento encargado del estudio de tiempos se preocupa por impedir la inclusión de inconsistencia en la estructura de tiempos estándar, deberá mantenerse al tanto de los cambios de métodos y de las condiciones en el lugar de trabajo. No carece de sentido esforzarse en establecer tiempos estándar muy consistentes, y después realizar muy poco o ningún esfuerzo para mantenerlos en condiciones de operación después de haberlos establecido. Muchas gerencias realizan esfuerzos elaborados para mejorar la consistencia de sus tiempos estándar; sin embargo en la mayoría de los casos han concentrado estos esfuerzos en el establecimiento de un estándar más consistente; poniendo poca o ninguna atención en preservar esa consistencia, después de establecer e instalar el estándar. Si se descuida esta función de conservación, o mantenimiento, no transcurre mucho tiempo antes de que en la estructura de un tiempo estándar se desarrollen inconsistencias; el enfoque más razonable consiste en someter los tiempos estándar a un procedimiento de auditoría - el cual mantendrá, hasta donde sea posible, su consistencia original.

En ocasiones, los gerentes que no adaptan un procedimiento de mantenimiento, asumen tal posición por que creen que la estructura de tiempos estándar funciona satisfactoriamente sin tal control; quizás estos gerentes no se percatan de que aun cuando sus estándares puedan parecer constantes, en realidad no lo son. Como se mencionó anteriormente, la restricción de la producción puede ser sorprendentemente efectivo para encubrir los tiempos estándar flojos y, consecuentemente, la mala calidad de la estructura de los tiempos estándar.

Probablemente, la siguiente situación es más común que la anterior: La compañía se preocupa por la mala calidad de la estructura de sus tiempos estándar, pero no se da cuenta de que el mantenimiento inadecuado es un factor importante, sino es que el principal -- del origen del problema; en esta situación, la gerencia no acierta a comprender la naturaleza verdadera del problema.

Parece curioso que la gerencia siempre esté -- preocupada por la inconsistencia de los tiempos estándar, y por sus efectos en los costos y que, como única solución, vea el establecimiento de -- nuevos estándares cuando en realidad podría ser el mantenimiento al día -- de las mismas.

Cuando los métodos y condiciones cambian, y no -- se hacen los ajustes correspondientes a los tiempos estándar, los resultados son estándares flojos o ajustados. Estos estándares inconsistentes, significan costos extras a la Gerencia, originadas por los siguientes conceptos:

1.- Errores de programación, presupuestos, estimación y otras técnicas de planeación de control, que la gerencia utiliza.

2.- Empleados insatisfechos con las injusticias del plan de incentivos, originados por inconsistencias en los tiempos estándar. Esta insatisfacción aumenta los costos debido a las quejas, ausentismo, transferencias dentro de la planta, antagonismo e indiferencia.

3.- Cuando por un mejoramiento de métodos se -- aumenta, más allá de un cierto punto, el salario que un operador puede -- ganar bajo el estándar original, recurrirá a la restricción de la producción, con el fin de proteger su estándar flojo y bajo estas circunstancias, no materializa el potencial completo de producción del mejoramiento logrado, teniéndose como consecuencia que la Gerencia pierda dinero debido a la restricción de la producción. Desafortunadamente la pérdida monetaria asociada con tales situaciones no es obvio para muchos gerentes; es difícil ver, por ejemplo el dinero que se pierde como consecuencia de la baja moral de los empleados o a través de la restricción de la producción.

Es muy importante que el tiempo estándar se ajuste al momento de presentarse un cambio de métodos, ya que si transcurre demasiado tiempo entre el momento en que se hace una mejora al método y el momento en que el estándar se corrige, el trabajador tiende a ver este ajuste como una reducción arbitraria, lo que resulta en una objeción violenta de su parte. Si el estándar se corrige al acontecer el cambio de métodos, la relación entre los dos cambios es aparente y se da menos oportunidad a que las objeciones e insatisfacciones se presenten. Es importante, entonces, que no únicamente se corrija el estándar, sino que esta corrección se haga, al momento que ocurre el cambio de método; consecuentemente, la compañía no debe depender del azar o de un exceso de salario reportados, para proceder a localizar los estándares obsoletos, ya que estos procedimientos no dan seguridad y probablemente ocasionen tardanzas irreparables; en vez de esto, debe adaptarse un procedimiento de mantenimiento que ofrezca una seguridad razonable de que se sabrá de las mejoras de métodos, antes o en el momento en que éstas ocurran.

En resumen, si se pretende evitar injusticias -

serfa en la estructura de los tiempos estándar, y si éstos deben ser representativos de los métodos y condiciones actuales, el departamento encargado del estudio de tiempos debe mantenerse al tanto de todos los cambios que ocurran, siendo éstos los objetivos principales de un procedimiento de mantenimiento o conservación de los estándares. El departamento debe mantenerse informado acerca de los cambios de métodos y condiciones, para poder tomar las medidas apropiadas; de otro modo, la obsolescencia acabará gradualmente con la estructura de los tiempos estándar, ocasionando insatisfacciones a los trabajadores y a la Gerencia.

Para mantener satisfactoriamente la calidad de la estructura de los tiempos estándar, es necesario emplear el procedimiento siguiente:

#### PREVENCION.

Que consiste en ciertas medidas que debe tomar el departamento encargado del estudio de tiempos, con el fin de minimizar las probabilidades de que un estándar se haga obsoleto, después de haber sido establecido.

#### DETECCION.

Que implica ciertas técnicas y procedimientos que debe utilizar el departamento encargado del estudio de tiempos, para identificar tanto a los estándares flojos, como a los ajustados.

## REMEDIO.

La acción correctiva apropiada que debe seguirse cuando se descubre un estándar ajustado o flojo [ resultado de un cambio de método o condiciones ].

## 3.2 PREVENCIÓN DE LA OBSOLESCENCIA DE LOS ESTÁNDARES.

Sabemos que con un proceso productivo, mediante un mantenimiento adecuado del equipo, pueden lograrse ahorros considerables; algo semejante ocurre con respecto al mantenimiento preventivo de los tiempos estándar, ya que es más económico dar los pasos necesarios para minimizar las probabilidades de que los estándares se conviertan en ajustados o flojos, que enfrentarse a los costos mayores resultantes de quejas, estándares flojos, baja moral, restricción de la producción, fallas en los procedimientos de planeación, etc., como sucedería cuando se ignoraran los pasos mencionados.

A continuación, se esboza una lista de las medidas que deben tomarse en un procedimiento de mantenimiento preventivo, insistiendo en que estas recomendaciones deben aplicarse inmediatamente después de establecido el estándar y consisten en precauciones con las cuales se intenta minimizar las probabilidades de que un estándar deje de ser representativo, después de haber sido establecido.

1.- Inténtese, tan extensiva y económicamente como sea posible, mejorar el método antes de establecer el estándar. De los beneficios obtenidos con esta práctica, el de mayor interés, en este caso, es que probablemente se harán menos mejoras después de establecer el estándar. Cualquier compañía debería seguir esta práctica, aunque -- fuera únicamente por los ahorros que se obtendrán con métodos de operación menos costosas; sin embargo, además de que por sí solo constituye -- una razón suficiente, este es uno de los pasos más efectivos que la Gerencia puede dar, con el fin de que los estándares dejen de ser representativos.

2.- Antes de establecer el estándar, mejórense las condiciones ambientales del trabajo, pues es particularmente importante reducir a un mínimo el número y duración de los retardos.

3.- Regístrense detalladamente el método y condiciones en que se basará el tiempo estándar.

4.- Obténgase, el beneficio máximo de la descripción del método estándar, registrado en ella detalladamente el método y condiciones usándolo como base para verificaciones periódicas del método y condiciones, para así determinar si han ocurrido cambios. Este registro debe indicar el tiempo estándar para la operación, con el fin de -- estimular al personal a asociar ese tiempo con el método descrito y viceversa.

5.- Edúquese al personal de supervisión y de -- oficinas, especialmente al supervisor del taller con respecto a la responsabilidad que tiene de mantener la estructura de los tiempos estándar, -- conviniendo que a este respecto se haga hincapié en lo siguiente :

a.- La importancia de mantener los métodos y -- condiciones estándar de la operación. Desde luego, el personal menciona do deberá intentar restablecer el método y condiciones estándar únicamente cuando el cambio haya sido adverso, por ejemplo, en caso de una máquina con los cojinetes gastados. Cuando el cambio es deseable, como una mejora del método, o cuando es un cambio adverso que por el momento no -- puede rectificarse, el hecho debe informarse para que, de ser necesario, - el estándar se verifique y ajuste.

b.- La importancia de informar acerca de los cam bios de métodos y condiciones, bien sea que éstos resulten cambios deseables, o adversos, que no puedan rectificarse, con el fin de que los están dares puedan revisarse con rapidez. Es particularmente importante que - al personal de supervisión, ingeniería, métodos, control de calidad, distribución de la planta, mantenimiento y diseño de herramientas, se le in cite a cooperar en este aspecto.

c.- La importancia de la cooperación del super visor para el buen éxito de un programa de conservación de estándares y, - a su vez, la importancia que tal conservación tiene en la calidad de la - estructura de tiempo estándar. Sin su cooperación, varios de estos pa sos preventivos no podrían realizarse y otros se verían seriamente ame nados.

Con el fin de auxiliar al supervisor a comprender y a llevar a cabo su función dentro de la conservación de los tiempos estándar, se recomienda que esté bien informado de las funciones y procedimientos del estudio de tiempos; por ésta y otras razones es conveniente organizar una serie de sesiones de adiestramiento.

En resumen, uno de los pasos más vitales del -- mantenimiento preventivo, es asegurarse de que el personal supervisor y de oficinas conoce sus responsabilidades en lo que respecta a la conservación de la estructura de los tiempos estándar.

6.- Establézcase un atractivo plan de sugerencias. Además de las ventajas generalmente asociadas con tal programa, - éste desempeña también un papel muy importante en la prevención de estándares que no sean representativos. Si la Gerencia desea siempre aumentar la producción, debe ser accesible a las ideas que tiendan a la mejora ción del método de trabajo, incluyendo, claro está, las de los obreros; - por lo que conviene alentar a éstos a exponer sus ideas, para que puedan ser compensados directamente por ellas. Por otra parte, si no queremos que el creador use su mejor método bajo el tiempo estándar original, un plan de sugerencias con recompensas suficientes, políticas razonables y - una publicidad adecuada, resultará de gran ayuda en el logro de tales objetivos.

7.- Establézcase un procedimiento de rutina y - las formas necesarias, para notificar al departamento encargado del estudio de tiempos, acerca de los cambios en métodos o de las condiciones que

puedan afectar el tiempo de ejecución. Bastará una hoja de papel pequeña, y el personal de supervisión deberá usar estas formas para informar sobre aquellos cambios que puedan afectar a los tiempos estándar. A continuación se mencionan algunos de los posibles usuarios de estas formas, así como una muestra del tipo de información que se pretende obtener de cada uno de ellos, por medio de las formas.

A.- SUPERVISOR : La necesidad de usar una máquina menos eficiente que la que se usó originalmente para establecer el estándar.

B.- DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD : Una --  
disminución inevitable de la calidad de las materias primas.

C.- DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DEL PRODUCTO : -  
El rediseño de una pieza.

D.- DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO : La instalación de una nueva máquina.

8.- Delimitense las responsabilidades por la --  
conservación de los tiempos estándar; definir esta responsabilidad, es --

puedan afectar el tiempo de ejecución. Bastará una hoja de papel pequeña, y el personal de supervisión deberá usar estas formas para informar sobre aquellos cambios que puedan afectar a los tiempos estándar. A continuación se mencionan algunos de los posibles usuarios de estas formas, así como una muestra del tipo de información que se pretende obtener de cada uno de ellos, por medio de las formas.

A.- SUPERVISOR : La necesidad de usar una máquina menos eficiente que la que se usó originalmente para establecer el estándar.

B.- DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD : Una --  
disminución inevitable de la calidad de las materias primas.

C.- DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DEL PRODUCTO : -  
El rediseño de una pieza.

D.- DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO : La instalación de una nueva máquina.

8.- Delimitense las responsabilidades por la --  
conservación de los tiempos estándar; definir esta responsabilidad, es --

esencial para el buen éxito del procedimiento de conservación.

### 3.3 DETECCION DE ESTANDARES OBSOLETOS.

Se debe establecer un procedimiento para identificar aquellos estándares que han dejado de ser representativos, como consecuencia de un cambio, ya que a pesar de los mejores esfuerzos preventivos, inevitablemente un cierto porcentaje de los tiempos estándar usados se harán obsoletos, por lo que será necesario detectarlos y revisarlos.

En pocas palabras, tales estándares pueden detectarse por medio de la causa de su obsolescencia, o por medio de la fluctuación que experimente la producción de los operadores, bajo estos estándares.

Con el primer procedimiento, la detección se logra localizando el cambio de método, o las condiciones que origina la obsolescencia; con el segundo, la detección se logra estudiando los registros de producción, para tratar de obtener una indicación de la obsolescencia, sin embargo, cabe notar que ambos métodos son de eficacia limitada.

Además muchos operadores se quejan solicitando un estándar justo en un intento de disponer de un estándar flojo. Consecuentemente, el problema concerniente a los estándares ajustados, suele -

ser en ocasiones un problema de detección y en otras de verificación ( de una queja ). Un método para detectar o verificar un estándar ajustado, consiste en identificar el cambio de método o condiciones que originan -- tal situación.

También es posible detectar un estándar flojo - por medio de la causa de tal situación; por ese motivo y como se recomendó anteriormente, el departamento de estudio de tiempos debe establecer - un canal de comunicación con el personal de supervisión, con el fin de -- mantenerse al tanto de los cambios que pudieran ocurrir; además, las operaciones deben verificarse periódicamente, comparándolas con la descripción del método estándar, para así determinar si ha habido algún cambio. Una revisión periódica de este tipo debe ser particularmente efectiva para disminuir los efectos de estos cambios escurridizos.

En resumen, la detección de un tiempo estándar obsoleto o de causa implica encontrar una desviación en el método, o en las condiciones, con respecto a aquellas en las que se basó originalmente el estándar.

## C A P I T U L O   I V

## MAQUINAS DE PRUEBA AUTOMATIZADAS

## 4.1 CONCEPTO.

Las máquinas de prueba automatizadas son máquinas especiales basadas generalmente en un computador o procesador para ejecutar ciertas pruebas a la unidad bajo prueba.

Normalmente estas máquinas se pueden programar de tal manera que la unidad bajo prueba, después de hacer pasado por la misma, puede usarse sin objetarle alguna falla o defecto. El diseño de una máquina de este tipo busca facilitar y automatizar la prueba al punto que el personal requerido para manejarla no necesite un conocimiento técnico sofisticado.

## 4.2 TIPOS DE MAQUINAS DE PRUEBA AUTOMATIZADAS.

Las máquinas de prueba automatizadas pueden clasificarse de acuerdo a la unidad bajo prueba. De esta manera se pueden encontrar :

1) Máquinas de prueba para fines electrónicos.

- a).- Prueba de componentes.
  - por separado.
  - ensamblado.
- b).- Prueba funcional.

#### II) Máquinas de prueba para fines mecánicos.

- a).- Verificación de superficies y acabados.
- b).- Prueba de maquilación.
- c).- Prueba funcional.

#### III) Máquinas de prueba para fines químicos.

- a).- Supervisión de procesos químicos.
- b).- Prueba de soluciones.

Hay varias máquinas de prueba para otros fines adicionales a los mencionados anteriormente, sin embargo no se mencionarán más que las más importantes. Se puede apreciar con base en el cuadro anterior que las máquinas de prueba forman un universo cada vez más extenso y necesario para la producción en la actualidad.

#### 4.3 CARACTERISTICAS Y DIFERENCIAS ENTRE ELLAS.

Cada una de las máquinas mencionadas tienen su propia finalidad. A continuación se hará mención de las características y diferencias entre ellas.

#### 4.3.1 MAQUINAS DE PRUEBA PARA FINES ELECTRONICOS.

Su característica principal es la capacidad para probar elementos electrónicos ya sea en forma separada o conjunta.

Se diferencia de las demás debido a que prueba con base en impulsos electrónicos, ya sea los componentes o la placa de circuito ensamblada. Tanto el envío de la señal como la respuesta son estímulos eléctricos. Se pueden encontrar dos divisiones en este género de máquina:

##### a) PRUEBA DE COMPONENTES.

La especialidad de este tipo de máquina consiste en percibir de manera electrónica si el componente tiene el valor correcto. Dentro de este renglón cabe mencionar que existen dos maneras para efectuar las pruebas. Una de ellas es la de probar los elementos por separado, en donde prácticamente sólo importa comprobar el valor y las tolerancias de un componente, sin considerar la interacción con otros. Este tipo de prueba muchas veces se hace aplicando temperaturas extremas para asegurar completamente su funcionamiento.

Otra de ellas consiste en probar los elementos ensamblados, la prueba sin embargo es un poco más difícil, ya que es necesario aislar, mediante técnicas especiales, el componente por probar. - La ventaja es que, después de esta prueba, se asegura que no solamente el

componente es del valor correcto sino que también está en el lugar que le corresponde. De esta manera una mala inserción de elementos se descarta completamente. Con ello se puede asegurar en un 90% que la placa ensamblada funcione correctamente.

#### b) PRUEBA FUNCIONAL.

La especialidad de este tipo de maquinaria consiste en probar funcionalmente una placa ensamblada. Mediante esta prueba se asegura que la placa no solamente tenga todos los componentes en su lugar correspondiente y del valor, sino se asegura que la interacción entre ellos es la correcta.

Muchas veces se pueden encontrar casos en que los componentes por sí solos funcionen correctamente, pero en interacción con los demás presentan falla. Causa muchas veces es la suma de tolerancias, por lo cual es recomendable asegurar el funcionamiento en interacción mutua.

Este tipo de prueba es muy poderosa ya que se simula mediante un computador el funcionamiento real de la placa ensamblada en el equipo correspondiente.

#### 4.3.2 MAQUINAS DE PRUEBA PARA FINES MECANICOS.

Su característica principal es la capacidad para probar piezas mecánicas, ya sea la superficie, bien la maquilación o la interacción de piezas. Las mediciones se hacen mediante detectores electrónicos (ojos electrónicos) para asegurar las características requeridas. Su diferencia con respecto a las demás es que se detecta cualquier irregularidad mediante sensores mecánicos que traducen las variaciones mecánicas en señales electrónicas que se pueden procesar. Las señales electrónicas a su vez indican que tanta exactitud se está alcanzando y en un momento dado se puede retroalimentar el proceso para corrección. Aquí también se puede encontrar divisiones de acuerdo al género de las mismas.

##### a) VERIFICACION DE SUPERFICIES Y ACABADOS.

La especialidad de este tipo de máquina consiste en detectar que tan rugosa o lisa es una superficie ya sea metálica, plástica, o de otro material. La manera como se detecta es mediante sensores mecánicos que rastrean la superficie que se está probando y transmiten al procesador central el tipo de variación y la cantidad. El procesador central a su vez evalúa si la pieza puede o no usarse para los fines preestablecidos.

##### b) PRUEBA DE MAQUILACION.

La especialidad de este tipo de máquina es la de

conocer si los barrenos y perforaciones hechos en una pieza son del tamaño correspondiente y en el lugar adecuado. En las mediciones obviamente se consideran las tolerancias para poder evaluar realísticamente la pieza - bajo prueba. Para la detección de los parámetros antes mencionados es - necesario usar detectores electrónicos (ojos electrónicos) del tipo antes mencionado sólo que con menos sensibilidad.

#### c) PRUEBA FUNCIONAL.

La característica principal de este aparato consiste en determinar parámetros dinámicos de una pieza o un conjunto de piezas en interacción. Los transductores para detectar este tipo de parámetros son del tipo electromecánicos esto es, los sensores son una combinación de sensores mecánicos acoplados a otros eléctricos para transmitir el dato de las características de funcionamiento de una pieza.

#### 4.3.3 MAQUINAS DE PRUEBA PARA FINES QUIMICOS.

Su característica principal es la capacidad para detectar temperaturas, presiones y otros parámetros importantes en un proceso químico, o bien concentraciones en soluciones. Se diferencia de las demás, debido a que los sensores usados tienen un carácter muy especial y es el de poder sensar temperaturas, presiones y concentraciones, traduciendo estos resultados en señales electrónicas, las cuales son procesadas después en el computador central. Mediante este tipo de equipo se ha podido automatizar en muchos aspectos el sector industrial. Se pueden encontrar dos grandes divisiones de este género de máquina:

## a) SUPERVISION DE PROCESOS QUIMICOS.

La especialidad de este tipo de máquina consiste en medir diferentes parámetros, ya sea temperaturas, presiones o concentraciones, a lo largo de un proceso, y en un momento dado interrumpirlo o --- bien retroalimentar corrigiendo alguno de los parámetros. Los sensores - son de carácter especial capaces de medir presiones, temperaturas, etc., - que posteriormente se convierten en señales electrónicas que pueden ser -- procesadas. Generalmente, tanto los sensores como el procesador central, son muy sofisticados y por lo tanto de un alto costo. De hecho en muchas ocasiones el procesador central es un sistema de cómputo completo.

## b) PRUEBA DE SOLUCIONES.

Este tipo de máquina tiene la característica de poder determinar las concentraciones de los diferentes materiales contenidos en una solución. En muchas ocasiones los transductores son muy sofisticados basados en medir algunas de las características típicas de cada -- uno de los materiales. Estos resultados se despliegan posteriormente y - pueden ser en cualquier momento procesados.

## 4.4 APLICACIONES.

En este inciso se trata más que nada de demos--- trar alguna de las aplicaciones de las máquinas de prueba automatizadas. - De hecho muchas veces las aplicaciones pueden ser mucho más variadas pero sería superfluo enumerarlas. Por otro lado no solamente se mencionarán -

Las aplicaciones, sino también el proceso en donde queda comprendida la -- aplicación de la máquina de prueba. De esta manera se tiene :

#### I) MAQUINAS DE PRUEBA PARA FINES ELECTRONICOS.

Una de las aplicaciones más comúnmente conocida es la de probar placas de circuito ensambladas o bien solamente componentes. Hoy en día en la industria electrónica y de telecomunicaciones se han incrementado de sobremanera la producción de artículos electrónicos.- Esto ha originado una automatización cada vez mayor tanto del proceso de revisión a la entrada, así como del ensamble y de la prueba. Mediante - la automatización se logra mayor precisión y una mayor producción. Estos factores no solamente aumenta la calidad del producto en sobremanera sino también se optimiza el proceso de fabricación. El proceso para ensam-- blar una placa de circuito impreso consiste fundamentalmente en recibir - en primer lugar la materia prima del proveedor y analizarla, cerciorándo-- se así que es del tipo pedido.

Para ello se usan la máquinas de prueba de componentes por separado. A continuación se procede al ensamble de la placa de circuito impreso y posteriormente se prueba en una máquina de prueba de componentes ensamblados. Mediante esta prueba se eliminan las mayoría de los problemas que han surgido al ensamblar la placa. Al final se procede a probar la placa de una manera total en la máquina de prueba de tipo funcional asegurando la interacción correcta entre componentes y con ello el funcionamiento adecuado de la placa. La placa en este momento es capaz de ser ensamblada en cualquier equipo sin correr el riesgo de fallar.

## II) MAQUINAS DE PRUEBA PARA FINES MECANICOS.

La aplicación más común de este tipo de máquina se encuentra en los procesos de maquilación y ensamble de transmisiones.- Así como la industria electrónica tiene un auge en la actualidad, la industria mecánica lo tuvo tiempo atrás. De inmediato se pensó en automatizar, o mejor dicho facilitar, el proceso de fabricación. Con el principio de la industria electrónica, los procesos simplificados se automatizaron aún más, de tal suerte que la pieza ya solamente se tiene que mover de una máquina a otra. La materia prima es analizada antes de nada mediante la máquina de verificación de superficies y acabados para poder asegurar así que la pieza que va a ser maquilada reúne las características de tolerancias.

En el caso de un engrane se tendrá que comprobar si ambos lados del engrane no tenga protuberancias o irregularidades. Posteriormente se procede a maquilar la pieza, bien perforando o corrigiendo rugosidades. En el caso de que se perfore la pieza se verificará mediante la máquina de prueba de maquilación, si el barrenado ha sido del diámetro correcto en el lugar correspondiente. Mediante esta máquina también se comprueban las dimensiones de la pieza o se del engrane en este caso, una vez que el conjunto de engranes esté disponible para ensamblar la transmisión se procede a probar la misma mediante la máquina de prueba funcional. De esta manera se asegura que los requisitos dinámicos se cumplen. En este caso se asegura por ejemplo, una de las características que podría ser, la relación de transmisión.

### III) MAQUINAS DE PRUEBA PARA FINES QUIMICOS.

La aplicación más clara de este tipo de máquina se encuentra en la industria química o en la farmacéutica. Al igual que la industria mecánica, la industria química y farmacéutica han obtenido sus beneficios gracias a la industria electrónica. Hoy en día se puede supervisar un proceso químico completo mediante una máquina de este tipo. La máquina está prácticamente dando órdenes y controlando si el procedimiento que se siguió fue el correcto y los resultados los esperados.

De esta manera se pueden controlar tanto los procesos muy sencillos como algunos de suma complejidad. En un proceso sencillo, por ejemplo, destilar una solución se prueba hasta que temperaturas se tiene que calentar la misma para que llegue a su punto de ebullición y posteriormente mantener la temperatura. También se mide la presión que se genera en el envase para, en un momento determinado, evitar que éste explote. En un proceso tan evidente y sencillo se puede apreciar el sin número de pruebas de temperatura, presión y niveles que se tiene que hacer para después retroalimentar estos datos.

En el caso de una máquina de prueba de soluciones se pueden detectar, mediante la misma, las diferentes concentraciones de minerales que puede tener por ejemplo el agua. Este tipo de equipo generalmente se utiliza en laboratorios químicos o farmacéuticos para, ya sea analizar o controlar la calidad.

#### 4.5 LIMITACIONES.

Como cada máquina éstas también tienen sus limitaciones respecto a sus capacidades. Una de las limitaciones más importantes aplicable a todas ellas es que son máquinas específicas dentro de su campo. Esto es, una máquina puede hacer pruebas a diferentes unidades u objetos siempre y cuando estos provengan del mismo campo.

Por ejemplo: una máquina, para probar componentes por separado, no podrá ser capaz de probar características de superficie de una pieza metálica, ni tampoco una máquina de prueba de maquilación, probar soluciones, etc. Más sin embargo una máquina para probar componentes por separado puede probar elementos electrónicos de todos, - por lo cual se puede decir que son universales en su campo o área.

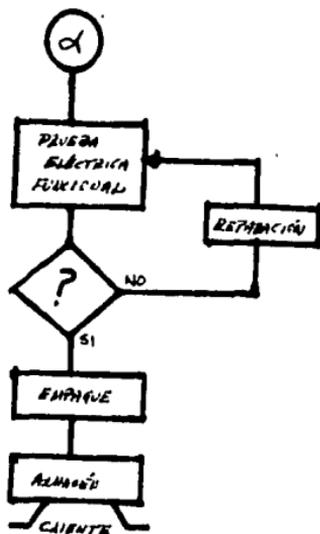
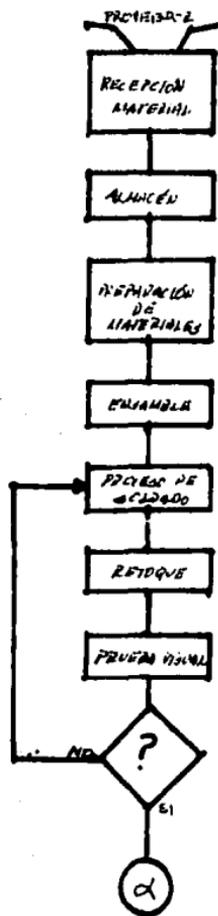
Otra limitante importante es que, aunque aparentemente las máquinas son capaces de probar muchas características de diferentes unidades automáticamente, es necesario que un programador instruya a la máquina mediante programas de que manera hacerlo y con que variantes.



**FLUJO PRODUCTIVO**

**DESCRIPCION DEL PROCESO PRODUCTIVO**

**Diagrama Esquemático de la Secuencia , en el  
Proceso Productivo.**



## **Descripción:**

### **1) Recepción de material:**

En esta primera etapa del flujo, vamos a checar la cantidad del material, esto se realiza de acuerdo al pedido que tengamos.

Después de haber verificado la cantidad del pedido, proseguimos al chequeo de la calidad, esto como es muy diverso y depende de lo dicho anteriormente, se va a hacer por muestreo y basándonos en las especificaciones técnicas del elemento a verificar.

A continuación mencionaré algunos de los materiales más comunes, empleados en la mayoría de las tarjetas.

### **Material:**

Tarjeta de Circuito Impreso

Resistencias

Condensadores

Transistores

Circuitos Integrados

Conectores

Cables

Cables Planos

Diodos

Diodos emisores de luz

## 2) Almacén:

El almacén trata de seguir el siguiente sistema, el cuál consiste; en que lo primero que llega, es lo primero que tiene que salir, o sea llamado FIFO (First in, first out).

El almacén consiste de gavetas, estas estan protegidas contra el MOS (Metal Oxid Semiconductor), las deben estar limpias del polvo.

## 3) Preparación de Materiales:

Después de recibir el material y la cantidad adecuada de éste, se hace una selección por proceso, dependiendo que tipo de tarjeta se va a ensamblar.

En este paso existen diferentes máquinas de preparación para los diferentes materiales.

Como por ejemplo máquinas de preparación para:

Reistencias

Diodos

Condensadores

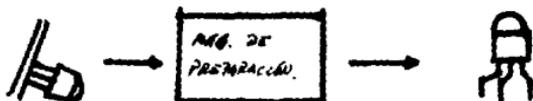
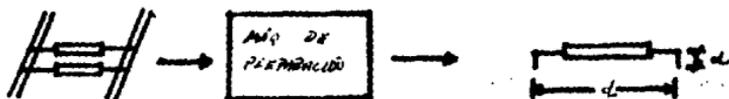
Otras para:

Circuitos Integrados

Así como también para:

Transistores y Diodos emisores de luz.

y otras para los Cables.



Estas máquinas nos van a servir, para tener el material, en la exacta posición de ensamble y a la distancia correcta.

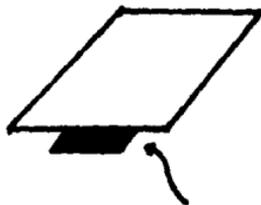
#### 4) Ensamble:

Aquí se va a realizar la preparación de la Tarjeta de Circuito Integrado.

Esto consiste en el montaje de los elementos a la tarjeta y su debida protección, para luego pasar al proceso de soldado, que es la siguiente etapa.



Laca antisoldante



A esta conexión de oro,  
se le va a poner Masking  
Tape.

#### 5) Proceso de Soldado:

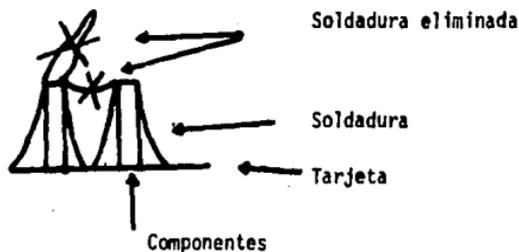
Antes que nada mencionaré que la tarjeta esta provista, de una laca antisoldante, que nos va a servir para protección.

Este proceso consiste basicamente de tres partes; en la primera etapa, tenemos una resina la cual nos va a servir para activar las perforaciones a soldar, el cual se llama fluxado, de aquí pasa a un precalentado, el cuál consiste en la activación de dicha resina y por último la fuente de soldadura , que es la que nos va a fijar los componentes a la Tarjeta de Circuito Integrado.

#### 6) Retoque Manual:

Esta etapa del proceso consiste en quitar o eliminar los sobrantes de soldadura; también como los puentes de soldadura.

Hay ciertos componentes no resistentes al calor, los cuales van a ser ensamblados hasta esta etapa, como son: los conectores, condensadores.



#### Conclusión:

Con este tipo de máquinas, que propongo, vamos a poder suplantar las siguientes etapas, las cuales son:

Primero vamos a tener la suplantación de la prueba visual, realizada por seres humanos por la máquina automatizada con un beneficio en eficiencia productiva y una considerable disminución de tiempo requerido para su realización, luego tenemos la prueba eléctrica funcional, con un sistema muy primitivo, que al ser reemplazado por la máquina vamos a tener un ahorro en tiempo y eficiencia, porque este tipo de máquina checa la interacción de todos los componentes, como su funcionamiento aparte de aquellos.

## C A P I T U L O V

## ANALISIS DEL FLUJO PRODUCTIVO

## 5.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El problema en ésta investigación consiste en determinar la viabilidad de la inversión en máquinas de prueba automatizadas. Para tal efecto, el caso práctico que se trata en el presente capítulo, parte de experiencias adquiridas por una empresa en el manejo de -- estos sistemas.

El impulso de la tecnología y la industria ha requerido de inversiones fuertes, las cuales muchas veces provienen del capital mexicano y desgraciadamente muchas más veces del capital extranjero.

## PROGRAMA DE PRODUCCION.

Como en cualquier industria aquí también se -- tiene que tomar en cuenta el programa de producción, en el caso de la in

dustria electrónica y telecomunicaciones, de tarjetas electrónicas ensambladas para el año de 1985. El tipo de tarjeta electrónica ensamblada sirve para un equipo periférico ( unidad de disco magnético ) para computadora y aproximadamente el 45% de estas tarjetas se exportarán a E.U.A. y a Europa y el restante 55% se ensamblará en el equipo aquí en México. Las tarjetas son de cuatro diferentes tipos y para fines de este caso se denominarán A, B, C y D. Las cantidades exactas que se proponen para producirse son las siguientes:

<u>TIPO DE TARJETA</u>	<u>CANTIDAD ANUAL</u>
A	60,000 unidades
B	20,000 unidades
C	20,000 unidades
D	10,000 unidades

Los programas de producción de los años subsiguientes son similares a éste con un incremento de cantidades en un 20% por tipo de ( tarjeta ).

#### RECURSOS ACTUALES

En este inciso se darán a conocer los medios a través de los cuales se ha cumplido el programa de producción en los años pasados y en el actual. En primer lugar será conveniente enumerar los procesos de prueba por los cuales pasa la tarjeta ensamblada:

- REVISION VISUAL.
- PRUEBA ELECTRICA FUNCIONAL
- AJUSTES ESPECIALES.
- DIAGNOSTICO DE FALLA.
- CAMBIO DE ELEMENTOS DEFECTUOSOS.

Los dos últimos pasos son solamente aplicables en el caso de que hubiera falla en los tres anteriores. Los recursos con los que se cuenta son :

**MAQUINARIA.**- El equipo de prueba que se tiene actualmente requiere de un técnico en electrónica con experiencia previa de dos años. El equipo es electrónico pero manual, esto significa que para poder probar la tarjeta ensamblada se tiene que accionar diferentes interruptores para cada paso de prueba. El tiempo de prueba por tarjeta ensamblada es de 20 min. y la eficiencia es relativa ya que no se puede probar la tarjeta bajo todas las diferentes posibilidades sino solamente se simula un funcionamiento típico de la misma. La manera para diagnosticar es muy primitiva ya que hay que rastrear la falla buscando paso a paso el origen de la misma.

**HUMANO.**- Para los programa actuales se ha requerido un alto número de personal ya que cada uno de los procesos de prueba no es automatizado y se requiere de personal para realizar el trabajo. En el proceso de revisión visual no se utiliza ninguna maquinaria; sino que éste es realizado por personas que aseguran que la tarjeta está ensamblada correctamente y no tenga fallas visibles. La prueba funcional, el

diagnóstico de falla y los ajustes especiales requieren de bastantes personas ya que la prueba es bastante larga. El cambio de elementos defectuosos solamente requiere un dispositivo para colocar y extraer los elementos. El tiempo requerido es bastante corto ya que el proceso no es muy complicado y sofisticado.

Como puede apreceptarse los programas de producción que se han venido realizando se basan fundamentalmente en el recurso humano, el cual a su vez es mucho menos eficiente y exacto de lo que puede ser una máquina. Por otro lado la estructura requerida para manejar una producción de un volumen considerable es muy compleja y a su vez costosa así como difícil de controlar. Los programas de producción que se han venido realizando comprenden solamente el 10% del programa que se tiene previsto. " Esto lleva a pensar si es o no viable adquirir máquinas de prueba automáticas, las cuales sustituyen el 90% de los recursos humanos que se requerirían para realizar el programa de producción ".

## 5.2 RESOLUCION DEL PROBLEMA.

Para plantear una solución realista es necesario tomar en consideración otros aspectos todavía no expuestos.

### CAPACIDADES DE UN EQUIPO DE PRUEBA AUTOMATICA -

GEN. RAD.

En este renglón se analizarán tanto aspectos --

cuantitativos como cualitativos para poder obtener una visión más clara del equipo de prueba automático.

#### CANTIDAD DE UNIDADES.

El equipo de prueba automático Gen Rad tiene un modelo para prueba de placas ya ensambladas y también otro para la prueba funcional de las mismas. Tanto en un caso como en el otro el equipo de prueba requiere de 1.3 min. para probar completamente la placa. Si se compara con el chequeo actual, se tiene una reducción de tiempo de hasta 90%. Se puede afirmar entonces que en un año se podrían producir ----- 91800 placas en un solo turno, considerando que el año cuenta con ----- 2,070 horas productivas.

Este dato se obtuvo tomando en cuenta el tiempo de asistencia menos el tiempo asignado para desayuno y comida y descontando un 10% de tiempo improductivo ( traslado al lugar de trabajo desde los comedores, cumplimiento de necesidades fisiológicas, etc. ).

Para cumplir con el programa se requerirán al menos de 1.2 turnos, esto es, se podría trabajar durante todo el año con un solo turno y solamente dos meses y medio del año se requerirá un segundo turno.

## CONFIABILIDAD.

El grado de confiabilidad al usar este tipo de equipo es mucho mayor a cualquier otro. En la prueba visual de la placa ensamblada se pueden escapar muchas fallas debido a cansancio o a falta de concentración de la persona que lo realiza; sin embargo el equipo de prueba para placas ensambladas comprueba cada elemento de acuerdo al valor esperado y si se encuentra en el lugar correspondiente. Con ello se elimina en primer lugar la falla por el factor humano, además de probar más completamente la placa ensamblada. Una cosa similar ocurre con la prueba funcional en donde el factor humano también tiene un papel fundamental, el cual si se sustituye se obtiene mayor confiabilidad.

## GENERALES.

Aquí cabe mencionar que aparte de las ventajas principales tratadas con anterioridad se deben de incluir las siguientes: El equipo de prueba sustituye casi por completo el personal para prueba, por lo cual la estructura que se requiere para poder supervisar y controlar este es reducida y poco costosa. La infraestructura necesaria para mantener el equipo de prueba también es menos costosa a largo plazo, aunque al principio la inversión haya sido alta.

Análisis comparativo de costos para la adquisición del equipo de prueba automático GEN RAD.:

A continuación se planteará el cuadro de costos en que se incurriría si se cumpliera bajo las condiciones actuales el programa de producción. Posteriormente se expondrá el cuadro de costos en que se incurrirá si se usarán máquinas de prueba automáticas Gen Rad; y al final se contrapondrán ambos cuadros para mayor claridad.

**PROGRAMA BAJO CONDICIONES ACTUALES.**

<u>Programa de Producción</u>	<u>Unidades Tipo</u>
60,000	A
20,000	B
20,000	C
10,000	D

a) Inversión Inicial :

Se compone de lo siguiente :

- Instalación eléctrica adicional  
( Lámparas, contactos ) \$ 446,120.00 mn.
- Instalación adicional general  
( Mesas de trabajo, sillas ) \$ 1'034,120.00 mn.

## Adquisición equipo de prueba :

Para abarcar el programa se requieren de -----  
**66,434** horas de prueba, lo cual significa que se necesitan **16** equipos de prueba en **2** turnos. Hasta la fecha se tiene **2** por lo que el concepto es de :

- Adquisición equipo de prueba adicional:		
14 x \$ 1'255,400.00	=	\$ 17'575,600.00 mn.
- Estante para guardar materiales de prueba:		62,450.00 mn.
- Costo de importación y transporte del equipo de prueba adicional :		1'001,250.00 mn.
		<hr/>
	\$	18'639,300.00 mn.
		=====

## b) Costo de Mantenimiento.

El tiempo aproximado de mantenimiento es de **100** horas por año por equipo. El personal que realiza este trabajo recibe \$ **600.00** mn. por --- hora, por lo que se tiene :

- Costo de mantenimiento equipo de prueba :		
600.00 x 100 x 16	=	\$ 960,000.00 mn/año.

## c) Costo por Energía ;

El consumo del equipo de prueba es de **0.6** kwh. a un precio de -----

\$ 7,70 mn. kwh se obtiene que el :

- Costo por Energía :

$$0.6 \times 66,434 \times 7,70 = \$ 306,925.00 \text{ mn/año.}$$

d) Costo de Capital :

Es el costo en que se incurre al invertir el capital en un lado dejando de recibir intereses por el otro. En este caso está definido como:

- Costo de capital = capital x 9.3'

Lo cual significa aplicado a los conceptos de --  
instalación y equipo de prueba al siguiente costo anual :

- Costo de capital por instalaciones	\$ 138,842.10 mn.
- Costo de capital por equipo para prueba	1'671,916.50 mn.
	<hr/>
	\$ 1'810,758.60 mn.
	*****

e) Costo de Prueba Productivo.

Aquí se tiene que aclarar en primer lugar que existen diferentes categorías salariales, las cuales son :

Grupo	1	110.00 mn. por hora
Grupo	2	150.00 mn. por hora
Grupo	5	200.00 mn. por hora

Debido a que se suman a estos salarios el 40% - por concepto de prestaciones sociales, y por lo tanto se tiene que :

Grupo	1	\$	154.00 mn. por hora
Grupo	2	\$	210.00 mn. por hora
Grupo	5	\$	280.00 mn. por hora

Para la prueba visual de la placa ensamblada se requiere del grupo 2 y el tiempo asignado de prueba para la placa del tipo "A" es de 18 min. por unidad, por lo cual :

- Costo de prueba visual de placa tipo "A"  
 $18 \times 60,000 = 18,000 \text{ horas/año} \times 210.00 = \$ 3'780,000.00 \text{ mn/año.}$

Para la prueba eléctrica funcional de la placa ensamblada se requiere del Grupo 5 y el tiempo asignado de prueba para la placa del tipo "A" es de 20 min. por unidad, por ello :

- Costo de prueba eléctrica funcional de placa tipo "A"  
 $20 \times 60,000 = 20,000 \text{ horas/año} \times 280.00 = \$ 5'600,000.00 \text{ mn/año.}$

Para los ajustes especiales que requiere la placa tipo "A" se requiere el tipo 5 y el tiempo asignado es de 2 min. por unidad, con lo que :

- Costo ajustes especiales de placa tipo "A"  
 $2 \times 60,000 = 2,000. \text{ horas/año} \times 280.00 = \$ 560,000.00 \text{ mn./año.}$

Para el diagnóstico de falla se incluye un tiempo de 4 min. por unida productivo, el cual se obtuvo prorrateando el tiempo de un porcentaje de falla del total de placas ensambladas. Si el tiempo por este concepto no se puede abrir de esta manera se incluye como costo de prueba improductivo. El grupo que se requiere es el 5, por tanto:

- Costo diagnóstico de falla de placa tipo "A"  
 $4 \times 60,000 = 4,000 \text{ horas/año} \times 280,00 = \$ 1'120,000.00 \text{ mn/año.}$

Para el cambio de elementos defectuosos se tiene un tiempo asignado de 2 min. por unidad y se requiere del grupo 1 :

- Costo cambio de elementos defectuosos placa tipo "A"  
 $2 \times 60,000 = 2,000 \text{ horas/año} \times 154.00 = \$ 308,000.00 \text{ mn/año.}$

El costo total por prueba productiva de la placa del tipo "A" es :----- \$ 11'368,000.00 mn/año.

Para la prueba visual de la placa ensamblada de tipo "B" el tiempo asignado es de 10 min. por unidad con el mismo grupo - salarial anterior, con lo que :

- Costo prueba visual de la placa tipo "B"  
 $10 \times 20,000 = 3,334 \text{ horas/año} \times 210.00 = \$ 700,140.00 \text{ mn/año.}$

Para la prueba eléctrica funcional de la placa ensamblada se requiere como se mencionó anteriormente del grupo salarial 5 y con un tiempo asignado de 20 min. por unidad, se llega a que :

- Costo prueba eléctrica funcional de placa tipo "B"  
 $20 \times 20,000 = 6,667 \text{ horas/año} \times 280.00 = \$ 1'866,760.00 \text{ mn/año.}$

Para el diagnóstico de falla en este tipo de placa se incluye un tiempo de 4 min. por unidad productivo con el grupo salarial 5, con lo que :

- Costo diagnóstico de falla de placa tipo "B"  
 $4 \times 20,000 = 1,334 \text{ horas/año} \times 280.00 = \$ 373,520.00 \text{ mn/año.}$

Para el cambio de elementos defectuosos se tiene un tiempo asignado de 1.5 min. por unidad y se requiere el grupo salarial 1 :

- Costo cambio de elementos defectuosos placa tipo "B"  
 $1.5 \times 20,000 = 500 \text{ horas/año} \times 154.00 = \$ 77,000.00 \text{ mn/año.}$

El costo total por prueba productiva de la placa del tipo "B" es : ----- \$ 3'017,420.00 mn/año.

En el otro tipo de placa conocida como "C" el -

Para la prueba eléctrica funcional de la placa ensamblada se requiere como se mencionó anteriormente del grupo salarial 5 y con un tiempo asignado de 20 min. por unidad, se llega a que :

- Costo prueba eléctrica funcional de placa tipo "B"  
 $20 \times 20,000 = 6,667 \text{ horas/año} \times 280.00 = \$ 1'866,760.00 \text{ mn/año.}$

Para el diagnóstico de falla en este tipo de placa se incluye un tiempo de 4 min. por unidad productivo con el grupo salarial 5, con lo que :

- Costo diagnóstico de falla de placa tipo "B"  
 $4 \times 20,000 = 1,334 \text{ horas/año} \times 280.00 = \$ 373,520.00 \text{ mn/año.}$

Para el cambio de elementos defectuosos se tiene un tiempo asignado de 1.5 min. por unidad y se requiere el grupo salarial 1 :

- Costo cambio de elementos defectuosos placa tipo "B"  
 $1.5 \times 20,000 = 500 \text{ horas/año} \times 154.00 = \$ 77,000.00 \text{ mn/año.}$

El costo total por prueba productiva de la placa del tipo "B" es : ----- \$ 3'017,420.00 mn/año.

En el otro tipo de placa conocida como "C" el -

tiempo para la prueba visual es de 3 min. por unidad y con el grupo salarial 2, por lo que :

- Costo de prueba visual de placa tipo "C"  
 $3 \times 20,000 = 1,000 \text{ horas/año} \times 210.00 = \$ 210,000.00 \text{ mn/año.}$

Para la prueba eléctrica funcional de la placa ensamblada se requiere del grupo salarial 5 y con un tiempo asignado de 7 min. por unidad, con lo que :

- Costo prueba eléctrica funcional de placa tipo "C"  
 $7 \times 20,000 = 2,267 \text{ horas/año} \times 280.00 = \$ 634,760.00 \text{ mn/año.}$

Para el diagnóstico de falla se incluye un tiempo de 4 min por unidad con un grupo salarial 5, con lo cual :

- Costo diagnóstico de falla de placa tipo "C"  
 $4 \times 20,000 = 1,334 \text{ hora/año} \times 280.00 = \$ 373,520.00 \text{ mn/año.}$

El cambio de elementos defectuosos se deberá -- hacer en 2 min. por unidad y se requiere del grupo salarial 1 :

- Costo cambio de elementos defectuosos placa tipo "C"  
 $2 \times 20,000 = 667 \text{ horas/año} \times 154.00 = \$ 102,718.00 \text{ mn/año.}$

El costo total por prueba productiva de la placa tipo "C" es de : ..... \$ 1'320,998.00 mn/año.

Para la placa del tipo "D" el tiempo para prueba visual es de 11 min. por unidad con un grupo salarial 2, con lo cual;

- Costo de prueba visual de placa tipo "D"  
 $11 \times 10,000 = 1,100$  horas/año  $\times 210.00 =$  \$ 385,140.00 mn/año

Para la prueba eléctrica se requiere un tiempo de 20 min. por unidad y con un grupo salarial 5, se tiene que :

- Costo de prueba eléctrica funcional de placa tipo "D"  
 $20 \times 10,000 = 3,334$  horas/año  $\times 280.00 =$  \$ 933,520.00 mn/año.

Para el diagnóstico de falla se tienen 4 min. - por unidad con un grupo salarial 5, con lo que :

- Costo diagnóstico de falla placa tipo "D"  
 $4 \times 10,000 ; 667$  horas/año  $\times 280.00 =$  \$ 186,760.00 mn/año.

El intercambio de elementos defectuosas en este tipo de placa se lleva 1.5 min. por unidad con el grupo salarial 1, con lo cual ;

- Costo cambio de elementos defectuosos placa tipo "D"  
 $1,5 \times 10,000 = 250 \text{ horas/año} \times 154,00 = \$ 38,500,00 \text{ mn/año.}$

El costo de prueba total para placa "D" asciende a ;  
 \$ 1'543,920,00 mn/año.

f) Costo de Prueba Improductivo :

Cabe aclarar en este punto que los costos que se generan fuera de los tiempos productivos relacionados con las placas ensambladas se contabiliza como costo improductivo;

Las cantidades de tiempos que a continuación se enumeran se obtuvieron extrapolando a partir de las cantidades actuales.

Segunda prueba eléctrica después de diagnóstico

Placa Tipo	" A "	14,000	horas/año.
Placa Tipo	" B "	4,667	horas/año.
Placa Tipo	" C "	1,587	horas/año.
Placa Tipo	" D "	2,334	horas/año.
		<hr/>	
		22,588	
		=====	

Considerando que este trabajo es realizado por



- Supervisión ( 2 supervisores ) con sueldos : \$ 240,000,00 mn/año y considerando un 25 % por prestaciones sociales se tiene que :	
2 x 240,000	\$ 480,000,00 mn/año.
25% x 480,000	120,000,00 mn/año.
Costo de Supervisión	<u>\$ 600,000,00 mn/año.</u>

g) Costo de Prueba por Unidad :

Para analizar el costo por unidad de cada tipo de placa es conveniente - obtener el porcentaje que representa cada una con respecto al total. - De esta manera se tiene que :

60,000,00	Placa tipo "A"	54.5 %
20,000,00	Placa tipo "B"	18.2 %
20,000,00	Placa tipo "C"	18.2 %
10,000,00	Placa tipo "D"	9.1 %
<u>110,000,00</u>		<u>100.0 %</u>

El siguiente paso es obtener el costo por prueba incluyendo el costo -- improductivo e indirecto, con lo que :

PLACA TIPO "A"

- COSTO DIRECTO	
- Productivo	\$ 11'368,000.00 mn/año.
- Improductivo	
2a. prueba:	
14,000 x 280.00	\$ 3'920,000,00 mn/año.
3a. prueba y supervisión	
2'067,200 x 54.5 %	\$ 1'126,624.00 mn/año.
- COSTO INDIRECTO	
3'077,683.60 x 54.5 %	<u>\$ 1'677,337.50 mn/año.</u>
Costo total :	\$ 18'091,961.00 mn/año.

- Costo Unitario  $18'091,961,00 \div 60,000 = \$ \underline{301,53 \text{ mn.}}$

PLACA TIPO "B"

- COSTO DIRECTO

- Productivo  $\$ 3'017,420.00 \text{ mn/año.}$

- Improductivo

2a. prueba

$4,667 \times 280.00$   $\$ 1'306,766.00 \text{ mn/año.}$

3er. prueba y supervisión ;

$2'067,200 \times 18.2 \%$   $\$ 376,230.40 \text{ mn/año.}$

- Costo Indirecto

$3'077,683.60 \times 18.2 \%$   $\$ \underline{560,138.30 \text{ mn/año.}}$

Costo total ;  $\$ 5'260,548.70 \text{ mn/año.}$

- Costo Unitario  $5'260,548.70 \div 20,000 = \$ \underline{263,02 \text{ mn.}}$

PLACA TIPO "C"

- COSTO INDIRECTO

- Productivo  $\$ 1'320,998.00 \text{ mn/año.}$

- Improductivo

2a. prueba ;

$1,587 \times 280.00$   $\$ 444,360.00 \text{ mn/año.}$

3er. prueba y supervisión

$2'067,200, \times 18.2 \%$   $\$ 376,230.40 \text{ mn/año.}$

- Costo Indirecto

$3'077,683.60 \times 18.2 \%$   $\$ \underline{560,138.30 \text{ mn/año.}}$

Costo total ;  $\$ 2'701,726.70 \text{ mn/año.}$

- Costo Unitario  $2'701,726,70 \div 20,000 = \$ \underline{135.08 \text{ mn.}}$

PLACA TIPO "D"

- COSTO DIRECTO	
- Productivo	\$ 1'543,920.00 mn/año.
- Improductivo	
2a. prueba	
2,334 x 280.00	\$ 653,520,00 mn/año.
3er. prueba y supervisión :	
2'067,200 x 9.1 %	\$ 188,115.20 mn/año.
- Costo indirecto	
3'077,683.00 x 9.1 %	\$ <u>280,069.15 mn/año.</u>
Costo total :	\$ 2'665,624.30 mn/año.
- Costo Unitario	2'665,624.30 ÷ 10,000 = \$ <u>266.56 mn.</u>

A continuación se expondrá el cuadro de costos en que se incurrirá, si se usarán máquinas de prueba automáticas ~~con Rad~~ - para eliminar parte del chequeo, utilizando en equipo para prueba de placa ensamblada y otro para prueba funcional).

## PROGRAMA AL USAR EQUIPO DE PRUEBA AUTOMATICO.

El programa de producción es el mismo expuesto anteriormente, por lo que se puede empezar con el análisis.

## a) INVERSION INICIAL.

Se compone de :

## - Construcción cuarto con aire acondicionado compuesto por :

Construcción	\$ 2'826,100.00 mn.
Equipo de aire acondicionado	4'356,560.00
Sistema de alto vacfo incluyendo dos bombas	1'215,920.00
Techo para bombas de vacfo	274,040.00
Sistema de puertas automáticas	260,000.00
Instalación eléctrica ( lámparas, contactos )	446,120.00
Instalación eléctrica especial para equipo GR.	2'068,270.00
Planos y permisos para construcción	188,550.00
	<hr/>
	\$ 11'635,570.00 mn.

- Equipos de prueba automáticos **Gen Rad** :

Máquina de prueba para placa ensamblada modelo GR-2270		\$ 36'696,500.00 mn.
Máquina de prueba funcional modelo GR - 1799 con impresora		56'220,050.00
Adaptadores para los diferentes tipos de placa y los dos modelos de máquinas :		
	GR 2270	GR 1799
Tipo "A"	615,000.00	409,250.00
Tipo "B"	458,750.00	338,250.00
Tipo "C"	302,500.00	399,500.00
Tipo "D"	441,000.00	232,750.00
	<hr/>	<hr/>
	1'817,250.00	1'379,750.00
		\$ 3'197,000.00
Adaptador interfaz para GR 1799		2'129,800.00
Refacciones para adaptadores		290,260.00
19 discos magnéticos para almacenamiento de datos para GR 1799		533,520.00

10 discos magnéticos para almacenamiento de datos para GR 2270	\$ 321,000.00 mn.
1 disco de alineamiento y verificación - para máquina GR 1799	61,640.00
1 disco de alineamiento y verificación - para máquina GR 2270	93,380.00
1 equipo terminal modelo PT 80	618,240.00
1 teclado de control para GR 2270	124,890.00
2 estantes para almacenar discos y material de prueba	139,570.00
Costo de importación y transporte	25'073,660.00
	<hr/>
	\$ 125'499,510.00 mn.

- Elaboración de Programas,

Tiempo de elaboración de todos los programas -- ( 4 tipos de placas para ambos sistemas de pruebas ) es de aproximadamente 4 hombres/mes con un sueldo de : \$ 250,000.00 mn. por mes:

$$250,000 \times 4 = 1'000,000.00 \times 25 \% \text{ prestaciones } ( 250,000.00 )$$

Costo de elaboración de Programas : \$ 1'250,000.00 mn.

b) Costo de mantenimiento

Debido a que existe equipo adicional directamente involucrado con la -- prueba se tienen los siguientes costos por año :

- Mantenimiento sistema de aire acondicionado	\$ 480,000.00 mn./año.
- Mantenimiento sistema alto vacío	420,000.00 " "
- Mantenimiento aparato de prueba GR 2270	800,000.00 " "

- Mantenimiento aparato de prueba GR 1799	\$	800,000.00 mn./año.
- Mantenimiento programas para ambos sistemas de prueba		300,000.00 " "
- Prestación social ( 25% sobre programación )		75,000.00 " "
- Consumo de papel para impresoras ( ---- 22,980 semana ) 22,980 x 52		1'194,960.00 " "
	\$	<u>4'069,960.00 mn./año.</u>

### c) Costo por energía

El consumo anual de energía del total de los equipos involucrados en la prueba es de :

- Sistema de alto vacio 2.2 kw/hora x 2,859 horas/año	=	6,290	kw/año.
- Sistema de aire acondicionado 9.0 kw/hora x 2,859 horas/año	=	25,731	" "
- Sistema de prueba GR 2270 7.2 kw/hora x 2,859 horas/año	=	20,585	" "
- Sistema de prueba GR 1799 prendido el 76% de tiempo total 7.2 kw/horas x 2,184 horas/año	=	15,725	" "
- Impresora 0.3 kw/horas x 2,184 horas/año	=	655	" "
- Terminal PT 80 0.2 kw/horas x 2,184 horas/año	=	437	" "
		<u>69,423</u>	<u>kw/año.</u>

Considerando como antes el precio de :\$7.70 mn/  
kw/hora se obtiene un costo total de \$ 534,557.10 mn/año.

d) Costo de capital

Utilizando la misma fórmula como antes, la cual consiste en:

$$\text{Costo de capital} = \frac{\text{Capital}}{\text{Costo}} \times 9\%$$

Se llega a que el costo anual de capital por concepto de instalación y equipo de prueba es de :

Costo de capital por instalaciones	\$ 1'047,201.30 mn.
Costo de capital por equipo de prueba	11'293,955.00 mn.
	<hr/>
	\$ 12'342,156.30 mn.

e) Costo de prueba Productivo.

Nuevamente se aplican los mismos parámetros usados anteriormente y es -  
por ello superfluo volverlos a enumerar.

Para la prueba visual superficial de la placa tipo "A" se requiere del grupo salarial 2 con un tiempo aproximado de 2 minutos por unidad, por lo cual :

- Costo de prueba visual superficial de placa tipo "A"  
2 x 60,000 = 2,000 horas/año x 210.00 = \$ 420,000.00 mn/año

Para la prueba de la placa ensamblada con el --  
equipo GR 2270 se requerirá del grupo salarial 3 con un salario de :-----  
\$ 240.00 por hora y un tiempo aproximado de 1.2 min. por unidad, con lo -  
que :

- Costo de prueba de la placa ensamblada tipo "A"  
 $1.2 \times 60,000 = 1,200 \text{ horas/año} \times 240.00 = \$ 288,000.00 \text{ mn/año}$

La prueba funcional se llevara a cabo en el --  
equipo GR 1799 el cual requerirfa del grupo salarial 3 y un tiempo aproxi-  
mado de 1.2 min. por unidad, con lo que ;

- Costo de prueba funcional del tipo "A"  
 $1.2 \times 60,000 = 1,200 \text{ horas /año} \times 240.00 = \$ 288,000.00 \text{ mn/año}$

Para los ajustes especiales se requerirá el mis-  
mo tiempo y condiciones antes estipuladas, con lo cual ;

- Costo ajustes especiales de placa tipo "A"  
 $2 \times 60,000 = 2,000 \text{ horas/año} \times 280.00 = \$ 560,000.00 \text{ mn/año}$

Debido a que la falla se localiza de una manera  
más clara y específica mediante este equipo de prueba el tiempo de diag--  
nóstico de falla se reduce a 3 min. por unidad prevaleciendo el grupo sa-  
larial 5

- Costo de diagnóstico de falla de placa tipo "A"  
 $3 \times 60,000 = 3,000 \text{ horas/año} \times 280.00 = \$ 840,000.00 \text{ mn/año}$

Para el cambio de elementos defectuosos se tiene un tiempo asignado de 2 min, como antes con el mismo grupo salarial -- con lo que :

- Costo cambio de elementos defectuosos de placa tipo "A"  
 $2 \times 60,000 = 2,000 \text{ horas/año} \times 154.00 = \$ 308,000.00 \text{ mn/año}$
- El costo total por prueba productiva de la placa del tipo "A" es:  
 $\$ 2,704,000.00 \text{ mn/año}$

En el caso de la placa tipo "B" se tienen los siguientes costos:

- Prueba visual superficial con tiempo de un min. por unidad y grupo salarial 2:  
 Costo prueba visual superficial placa tipo "B"  
 $1 \times 20,000 = 333 \text{ horas/año} \times 210.00 = \$ 69,930.00 \text{ mn/año}$
- Prueba de la placa ensamblada con tiempo de 1.1 min. por unidad y grupo salarial 3 :  
 Costo prueba placa ensamblada tipo "B"  
 $1.1 \times 20,000 = 367 \text{ horas/año} \times 240.00 = \$ 88,080.00 \text{ mn/año}$

Prueba funcional con un tiempo de 1.1 min. por unidad y grupo salarial 3:

- Costo prueba funcional placa tipo "B"  
 $1.1 \times 20,000 = 367 \text{ horas/año} \times 240.00 = \$ 88,080.00 \text{ mn/año}$

Diagnóstico de falla con un tiempo de 2 min. -- por unidad un grupo salarial 5 :

- Costo diagnóstico de falla placa tipo "B"  
 $2 \times 20,000 = 667 \text{ horas/año} \times 280.00 = \$ 186,760.00 \text{ mn/año}$

Cambio de elementos defectuosos con un tiempo - de 1.5 min. por unidad y grupo salarial 1 ;

- Costo cambio de elementos defectuosos placa tipo "B"  
 $1.5 \times 20,000 = 500 \text{ horas/año} \times 154.00 = \$ 77,000.00 \text{ mn/año}$
- El costo total por prueba productiva de la placa tipo "B" es :  
 $\$ 509,850.00 \text{ mn/año}$

En el caso de la placa tipo "C" se tiene los -- siguientes costos :

Prueba visual superficial con tiempo de 0.5 min. por unidad y grupo salarial 2 :

- Costo prueba visual superficial placa tipo "C"  
 $0.5 \times 20,000 = 167 \text{ horas/año} \times 210.00 = \$ 35,070.00 \text{ mn/año}$

Prueba de la placa ensamblada con tiempo de --  
0,3 min. por unidad y grupo salarial 3 :

- Costo prueba placa ensamblada tipo "C"  
 $0.3 \times 20,000 = 100 \text{ horas/año} \times 240.00 = \$ 24,000.00 \text{ mn/año}$

Debido a los pocos componentes que tiene esta placa y a las funciones reducidas que ésta ejecuta se puede omitir completamente la prueba funcional.

Diagnóstico de falla con tiempo de un min. por unidad y grupo salarial 5 :

- Costo diagnóstico de falla placa tipo "C"  
 $1 \times 20,000 = 333 \text{ horas/año} \times 280.00 = \$ 93,240.00 \text{ mn/año}$

Cambio de elementos defectuosos con un tiempo -  
de 0,5 min. por unidad y grupo salarial 1 :

- Costo cambio de elementos defectuosos placa tipo "C"  
 $0.5 \times 20,000 = 166 \text{ horas/año} \times 154.00 = \$ 25,564.00 \text{ mn/año}$
- El costo total por prueba productiva de la placa tipo "C" es :  
 $\$ 177,874.00 \text{ mn/año}$

En el caso de la placa tipo "D" se tienen los siguientes costos :

Prueba visual superficial placa tipo "D" con un tiempo de un minuto por unidad y grupo salarial 2 :

- Costo prueba visual superficial placa tipo "D"  
 $1 \times 10,000 = 167 \text{ horas/año} \times 210.00 = \$ 35,070.00 \text{ mn/año}$

Prueba de la placa ensamblada con tiempo de 1.1 minuto por unidad y grupo salarial 3 :

- Costo prueba placa ensamblada tipo "D"  
 $1.1 \times 10,000 = 183 \text{ horas/año} \times 240.00 = \$ 43,920.00 \text{ mn/año}$

Prueba funcional con un tiempo de 1.1 min. por unidad y grupo salarial 3 :

- Costo prueba funcional placa tipo "D"  
 $1.1 \times 10,000 = 183 \text{ horas/año} \times 240.00 = \$ 43,920.00 \text{ mn/año}$

Diagnóstico de falla con tiempo de dos minutos por unidad y grupo salarial 5 :

- Costo diagnóstico de falla placa tipo "D"  
 $2 \times 10,000 = 333 \text{ horas/año} \times 280.00 = \$ 93,240.00 \text{ mn/año}$

Cambio de elementos defectuosos con un tiempo -

de 1.5 minutos por unidad y grupo salarial 1 :

- Costo cambio de elementos defectuosos placa tipo "D"  
 $1.5 \times 10,000 = 250 \text{ horas/año} \times 164,00 = \$ 38,500.00 \text{ mn/año}$
- El costo total prueductivo de la placa tipo "D" es :  
 $= \$ 254,650.00 \text{ mn/año}$

f) Costo de Prueba Improductivo.

Como se hizo anteriormente, en este inciso se tratarán todos los costos que se generan adicionales a los costos de prueba productivos. Los -- tiempos son aproximados y basados en experiencias de otras compañías -- que trabajan en este sistema:

- Segunda prueba eléctrica después de diagnóstico :

<u>PLACA TIPO</u>	<u>HORAS/AÑO</u>	<u>POR CIENTO</u>
" A "	840	64.8 %
" B "	256	19.7
" C "	70	5.5
" D "	128	10.00
	<u>1,294</u>	<u>100.0 %</u>

Aplicando el grupo salarial 5 se llega a :

- Costo segunda prueba eléctrica total  
 $1,294 \times 280,00 = \$ 362,320.00 \text{ mn/año}$

Así como ya se mencionó antes las fallas que aparecen al ensamblar el equipo completo se considerarán como terceras -- pruebas.

- Tercer prueba por falla en equipo completo placas tipo "A", "B", "C" y "D".
  - Prueba funcionales eléctricas 122 horas/año.
  - Diagnóstico de falla 210 horas/año.
- 
- 332 horas/año.

- con grupo salarial 5 :  
 $332 \times 280.00 = \$ 92,960.000 \text{ mn/año.}$

- Cambio de elementos defectuosos 140 hora/año un grupo salarial 1 :  
 $140 \times 154.00 = \$ 21,560.00 \text{ mn/año.}$
- Costo tercera prueba por falla en un equipo completo :  
\$ 114,520.00 mn/año

El aspecto de la supervisión representa costo - por :

- SUPERVISION :
- Un supervisor con sueldo de : \$ 240,000.00 mn/año.
- considerando 25% por prestaciones sociales se tiene que :
- 1 x 240,000 = \$ 240,000.00
- 25% x 240,000 = 60,000.00

---

- Costo supervisión = \$ 300,000.00 mn/año.

## g) Costo de prueba por unidad :

Para analizar el costo de prueba por unidad se utilizará el mismo método antes mencionado, y por lo tanto :

PLACA TIPO "A"

- COSTO DIRECTO:	
Productivo	\$ 2'704,000.00 mn/año.
Improductivo	
2a. prueba	
840 x 280.00	" 235,200.00 " "
3er. prueba	
y supervisión	
414,520 x 54.5%	" 225,913.40 " "
costo indirecto	
16'946,673 x 54.5%	" 9'255,936.70 " "
	<hr/>
Costo total :	\$ 12'401,050.00 mn/año.
Costo Unitario : $12'401,050.00 \div 60,000 =$	\$ 206.68 mn/año.

PLACA TIPO "B"

- COSTO DIRECTO :	
Productivo	\$ 509,850.00 mn/año.
Improductivo	
2a. prueba	
256 x 280.00	" 71,680.00 " "

3er. prueba y supervisión 414,520 x 18.2%	\$	75,442.60 mn/año.
Costo indirecto 16'946,673 x 18.2%	"	3'084,294.40 " "
Costo total :	\$	3'741,267.00 mn/año.
Costo unitario: 3'741,267 ÷ 20,000 =	\$	187.00 mn/año'

PLACA TIPO "C"

- COSTO DIRECTO :		
Productivo	\$	177,874.00 mn/año.
Improductivo		
2a prueba 70 x 280.00	"	19,600.00 " "
3er. prueba y supervisión 414,520 x 18.2%	"	75,442.60 " "
Costo indirecto 16'946,673 x 18.2%	"	3'084,294.40 " "
Costo total :	\$	3'357,211.00 mn/año.
Costo unitario : 3'357,211 ÷ 20,000 =	\$	167.86 mn/año.

PLACA TIPO "D"

- COSTO DIRECTO :

Productivo	\$	254,650.00 mn/año.
Improductivo		
2a. prueba		
128 x 280,00	"	35,840.00 " "
3er. prueba		
y supervisión		
414,520 x 9.1%	"	37,721.30 " "
Costo indirecto		
16'946,673 x 9.1%	"	1'542,147.20 " "
Costo total ;	\$	1'870,358.50 mn/año.
Costo unitario ; 1'870,358.50 ÷ 10,000 =	\$	187.03 mn/año'

A continuación y para apreciar las diferencias de cada uno de los costos en los diferentes conceptos se presentará un cuadro comparativo resumido :

<u>C O N C E P T O</u>	<u>COSTOS CON EQUIPO ACTUAL ( \$ )</u>	<u>COSTO CON EQUI PO AUTOMATICO ( \$ )</u>
- Inversión Inicial	20'119,540.00	138'385,080.00
- Mantenimiento	960,000.00	4'069,960.00
- Energía	306,925.00	534,557.10
- Costo de capital	1'810,758.60	12'342,156.30
- Prueba productiva Placa tipo "A"	11'368,000.00	2'704,000.00
- Prueba productiva Placa tipo "B"	3'017,420.00	509,850.00
- Prueba productiva Placa tipo "C"	1'320,998.00	177,874.00

- Prueba productiva Placa tipo "D"	1'543,920.00	254,650.00
- Segunda prueba Eléctrica despues de diagnóstico	6'324,640.00	362,320.00
- Tercer prueba por falla en equipo completo	1'467,200.00	114,520.00
- Supervisión	600,000.00	300,000.00
- Costo unitario Placa tipo "A"	301.53	206.68
- Costo unitario Placa tipo "B"	263.02	187.06
- Costo unitario Placa tipo "C"	135.08	167.86
- Costo unitario Placa tipo "D"	266.56	187.03

#### Consideraciones generales para el análisis comparativo :

Una de las consideraciones que deben tomar en cuenta es que los resultados expuestos en la parte anterior son los más verídico y aproximado posibles. Los datos sobre la realización del programa productivo mediante la maquinaria de prueba actual se obtuvieron extrapolando los datos reales y las experiencias adquiridas por el manejo de este sistema. Los datos referentes a la realización del programa mediante maquinaria de tipo automático se calcularon con base en experiencias de empresas que en estos momentos operan con el tipo de maquinaria.

Es también importante mencionar que en este caso como en otros más, aunque al principio la inversión es muy elevada, la eficiencia de la maquinaria compensa ese aspecto una vez en operación. Si se usa el método automático se reducen los costos por unidad casi el 30% en comparación con el método usado hasta la fecha.

## CONCLUSIONES

Según el estudio realizado anteriormente nos conviene automatizar la producción.

Luego aunque tenemos al principio una inversión muy elevada, nos conviene porque con el tiempo se va amortizando el capital invertido, gracias a la vida útil de este equipo. Esto se alcanza a visualizar en el cuadro comparativo, en donde se tiene un considerable decremento en los costos, comparándolo con el sistema actual.

Aparte la industria electrónica, se está desarrollando a nivel mundial grandemente, y para estar en una posibilidad de competencia, tenemos que implementar nuevas técnicas, más eficaces y confiables.

Con este equipo se va a lograr una mayor producción, que con el otro sería muy difícil.

Otro aspecto es que se va a lograr una baja considerable en la supervisión.

Como ya nos referimos anteriormente, la inversión inicial es elevada, pero con la vida útil del sistema, a la larga esto se va amortizando, con una gran mejoría en el capital de la empresa.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Benjamin W. Niebel  
Ingeniería Industrial: Estudio de Tiempos y Movimientos.  
México; 2a. edición  
Representaciones y Servicios de Ingeniería,S.A.
- 2.- Edward V. Krick  
Ingeniería de Métodos  
México;ed.Limusa
- 3.- James L. Riggs  
Sistemas de Producción: Planeación, Análisis y Control.  
México; ed. Limusa
- 4.- Revista Markt und Technik  
Testsysteme - automatischer test: bluhendes geschäft  
Alemania.
- 5.- Revista Markt und Technik  
Testsysteme - marktubersicht: funktionstester  
Alemania.
- 6.- Revista Markt und Technik  
Testsysteme - marktubersicht: in-circuittester  
Alemania.
- 7.- Eppel,Joseph C. y Mc. Neil, Willis E.  
A Mobile automatic test system -  
Revista Electronics test  
USA.