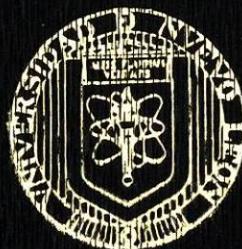


UNIVERSIDAD DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA



FORMULAS, TABLAS Y GRAFICAS PARA  
ADMINISTRACION DE LA PRODUCCION

TESIS  
QUE EN OPCION AL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ADMINISTRADOR  
PRESENTA  
JAIME GONZALEZ GARZA

MONTERREY, N. L.

ABRIL DE 1970

87  
595

T  
TS155  
G6  
c.1



1080078152

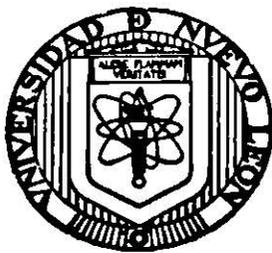
~~50~~  
50  
repetida

**INVENTARIADO  
AUDITORIA  
U. A. N. L.**



U N I V E R S I D A D   D E   N U E V O   L E O N

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA



FORMULAS, TABLAS Y GRAFICAS  
PARA  
ADMINISTRACION DE LA PRODUCCION

T E S I S  
QUE EN OPCION AL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ADMINISTRADOR  
PRESENTA  
JAIME GONZALEZ GARZA

T  
15155  
F6



A mi Madre  
Con inmenso Cariño  
y agradecimiento,

A mis hermanos

A mis Maestros  
Con respeto y agra-  
decimiento,

## "INDICE"

<u>CAPITULO</u>		<u>PAGINA</u>
	PREFACIO. . . . .	i
I	MEJORA DE METODOS.	1
	A) Gráficas del Proceso . . . . .	1
	B) Diagrama de las Operaciones del Proceso. .	5
	C) Diagrama de Flujo. . . . .	9
	D) Diagrama Hombre-Máquina. . . . .	11
	E) Diagrama de Cuadrilla. . . . .	13
	F) Diagrama de Bimanual . . . . .	15
	G) Diagrama de Flujo de Papelería . . . . .	18
II	ESTUDIOS DE TIEMPOS.	20
	A) Cálculo del Tiempo Estándar. . . . .	20
	B) Tolerancias. . . . .	22
	C) Determinación del Número de Observaciones.	24
	D) Sistemas de Calificación de Velocidad. . .	24
	E) Muestreo de Trabajo. . . . .	28
	F) Sistema M.T.M. . . . .	35
III	INCENTIVOS.	41
IV	TECNICAS DE PRONOSTICOS.	44
V	EVALUACION DEL TRABAJO.	52
	A) Gradación. . . . .	52
	B) Grados o Calificación. . . . .	53
	C) Comparación de Factores. . . . .	54
	D) Puntuación . . . . .	56
	E) Calificación de Méritos. . . . .	61
VI	CONTROL DE INVENTARIOS.	64
	A) Rotación de Inventarios. . . . .	64
	B) Control Selectivo A B C. . . . .	65
	C) Lote Económico (E O Q) . . . . .	66
	D) Sistema Punto de Reorden . . . . .	72
VII	ESTADISTICA.	74
	Características de Distribución de Frecuencia.	74
	Distribución Normal . . . . .	76
	Distribución Binomial . . . . .	83
	Distribución Poisson. . . . .	87
VIII	CONTROL DE CALIDAD.	90
	A) Muestreo Estadístico . . . . .	90
	B) Planes de Muestreo Simple. . . . .	93
	C) Planes de Muestreo Doble . . . . .	94
	D) Curva Característica de Operación. . . . .	96
	E) Clasificación de Planes de Muestreo. . . .	96
	F) Gráfica de Control . . . . .	102

CAPITULO

PAGINA

IX	INVESTIGACION DE OPERACIONES.	107
	Gráfica Gantt. . . . .	107
	Método Simplex . . . . .	115
	Método de Transporte . . . . .	115
	Método de Indices. . . . .	138
X	PROCESAMIENTO DE DATOS,	139
	Componentes de una Computadora . . . . .	139
	Diagrama de Flujo (Block). . . . .	142
	BIBLIOGRAFIA.	146

## "PREFACIO"

Con el objeto de definir el propósito fundamental de ésta Tesis se expresan las siguientes razones para la cual se elaboró de modo que incluyera Fórmulas, Tablas y Gráficas con el fin de hacer objetiva la Exposición del Programa de la Cátedra de Administración de la Producción, que se imparte en la Carrera de Ingeniero Mecánico Administrador. Dado lo novísimo del campo de la Administración, hasta en los últimos años se ha visto acrecentado el acervo de modelos matemáticos para resolver problemas en Administración de Producción.

Otro de los propósitos de ésta Tesis es proporcionar material audiovisual suficiente para cubrir el programa de administración de Producción que se ve en un semestre. Del contenido de ésta Tesis se podrá observar la objetividad de cada uno de los temas a través de Fórmulas, Tablas y Gráficas que son de mucho uso en nuestro medio industrial, por lo que se facilita así el desarrollo del estudiante en ésta materia de suma importancia, ya que la mayoría de los Ingenieros Mecánicos Administradores son miembros del Departamento Staff en la Administración de la Planta y por lo general son los que toman decisiones en problemas implicados con la producción diaria de alguna forma de artículos o servicios.

El objetivo común de éstos artículos o servicios es obtener una utilidad, sin embargo, al resolver los problemas, los esfuerzos del Ingeniero Mecánico Administrador deben ser orientados hacia las utilidades y desde que la utilidad es igual al ingreso menos el costo, los profesionistas (I.M.A.) están muy implicados con alternativas basadas en costos, de ahí que la mayor parte de las técnicas presentadas aquí conducen a decisiones para minimizar el costo de obtener una o más funciones al mismo costo.

## CAPITULO I

### MEJORA DE METODOS

El estudio de Métodos, es el Registro, Análisis y Exámen Crítico Sistemático de los Modos Existentes y -- propuestos de llevar a cabo un trabajo, y el Desarrollo y Aplicación de Métodos más sencillos y eficaces.

#### SUS FINES:

- 1o. Mejorar los Procesos y los Procedimientos.
- 2o. Mejorar la Disposición de la Fábrica, Taller y lugar de trabajo, así como también - el Diseño del Equipo e Instalaciones.
- 3o. Economizar el Esfuerzo Humano y Reducir la Fatiga Innecesaria.
- 4o. Mejorar la Utilización de Materiales, Máquinas y Mano de Obra.
- 5o. Crear Mejores Condiciones Materiales de Trabajo.

#### PROCEDIMIENTO A SEGUIR PARA EXAMINAR CUALQUIER PROBLEMA:

- A.- Seleccionar el Trabajo que va a ser Objeto de Estudio.
- B.- Registrar todos los hechos Pertinentes acerca del Método Actual mediante la Observa-ción Directa.
- C.- Examinar esos Hechos críticamente en Suce-sión Ordenada, utilizando las Técnicas más apropiadas en cada caso.
- D.- Desarrollar el Método más Práctico, Económico y Eficaz, teniendo debidamente en cuenta todas las Contingencias Posibles.
- E.- Adoptar ése Método como Práctica Uniforme.
- F.- Mantener dicho Método mediante Comprobacio-nes Regulares y Habituales.

PARA REGISTRAR TODOS LOS HECHOS PERTINENTES ACERCA DEL METODO ACTUAL, ES CONVENIENTE UTILIZAR CIERTAS TECNICAS O - INSTRUMENTOS.

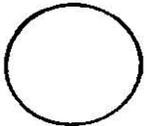
#### A) GRAFICAS DEL PROCESO.

Es la Representación Gráfica de Hechos o Fa-

ses que se presentan al aplicar el Método o -  
Procedimiento de:

Trabajo, clasificándolos mediante Símbolos, -  
según la naturaleza de cada cual. Es un modo  
de dar Forma Visible a un Procedimiento con -  
propósito de mejorarlo.

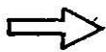
LAS ACCIONES QUE SE SUCEDEN DURANTE UN PROCESO DADO SON --  
CLASIFICADAS EN OPERACION, TRANSPORTE, INSPECCION, ESPERA  
Y ALMACENAJE Y SE REPRESENTAN MEDIANTE LOS SIMBOLOS SIG:



**OPERACION:** Sucede cuando se altera internacionalmente cualquier característica Física o Química de un objeto, cuando éste se monta o desmonta -- con relación a otro objeto o se prepara para una operación subsiguiente, como el Transporte, la - Inspección o el Almacenamiento. También hay una operación cuando se facilita o recibe informa- - ción o se hacen Cálculos o Planes.



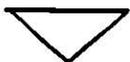
**INSPECCION:** Sucede cuando un objeto es examinado para fines de identificación o para comprobar la cantidad o calidad de cualquiera de sus propiedades.



**TRANSPORTE:** Hay Transporte, cuando un objeto es trasladado de un lugar a otro, salvo cuando el - traslado forme parte de una Operación, o sea - - efectuando por los operarios en su lugar de trabajo en el curso de una operación o inspección. Utilizamos en todo este trabajo el símbolo del - Transporte siempre que exista manipulación de -- materiales para colocarlos en Camiones, Bancos, Depósitos, etc.



**ESPERA:** Hay espera con relación a un objeto cuando las condiciones (salvo las que modifican in- - tencionalmente las características Físicas o Químicas del objeto) no permiten o requieren la ejecución de la acción siguiente prevista. La Espera también se denomina Almacenamiento Temporal, por ejemplo, cuando el trabajo se amontona en el suelo de un Taller entre una y otra operación, - hay cajas en espera de ser desempaquetadas, piezas que aguardan ser colocadas en su depósito o una carta en espera de la firma.



**ALMACENAMIENTO:** Existe Almacenamiento cuando un objeto es guardado y protegido contra el traslado no autorizado del mismo.

La diferencia entre "Almacenamiento" y "Almacenamiento Temporal" consiste en que para sacar un Artículo que esté en Almacenamiento, se necesita una Petición, un Vale u otra autorización oficial que no es necesaria cuando se trata de Almacenamiento Temporal.



ACTIVIDADES COMBINADAS: Cuando se deseen expresar Actividades Ejecutadas al mismo tiempo o por el mismo operario en un mismo lugar de trabajo, se combinan los Símbolos de Tales actividades, - por ejemplo, mediante un círculo dentro de un -- cuadrado para representar la actividad combinada de operación e inspección.

IDENTIFICACION: El Diagrama del proceso deberá - identificarse mediante rótulo colocado en la parte superior de la hoja. Su informe de identificación debe colocarse en una posición conveniente con arreglo a la disposición del archivo. Es Corriente encabezar el informe de identificación con las palabras DIAGRAMA DEL PROCESO. En dicho informe de identificación es indispensable que - figuren los siguientes conceptos:

- a) Asunto Representado.
- b) Método Actual o Método Propuesto.
- c) Hecho por.
- d) Fecha.

#### INFORMACION ADICIONAL:

- a) Punto del Proceso en que comienza el Gráfico.
- b) Punto del Proceso en que termina el Gráfico.
- c) Situación.
- d) Planta.
- e) Edificio.
- f) Departamento.
- g) Página... de ... páginas.
- h) Aprobado por.
- i) Amplitud del Gráfico.



## B) DIAGRAMA DE LAS OPERACIONES DEL PROCESO:

Es una representación gráfica de la sucesión de todas las operaciones e inspecciones de que consta el proceso o procedimiento, con indicación de los puntos de entrada de los materiales.

El Diagrama de las Operaciones del Proceso es re presentado sobre papel liso de tamaño suficiente para aco-modar el Gráfico.

**IDENTIFICACION:** El Diagrama de las Operaciones - del Proceso, deberá identificarse mediante rótulo colocado en la parte superior de la hoja. Si el Gráfico se ha de - doblar para archivarlo, su Informe de Identificación debe también colocarse en una posición conveniente, con arreglo a la disposición del archivo. Es corriente encabezar el - Informe de Identificación con las palabras "DIAGRAMA DE -- LAS OPERACIONES DEL PROCESO". En dicho Informe de Identifi cación es indispensable que figuren los siguientes concep- tos:

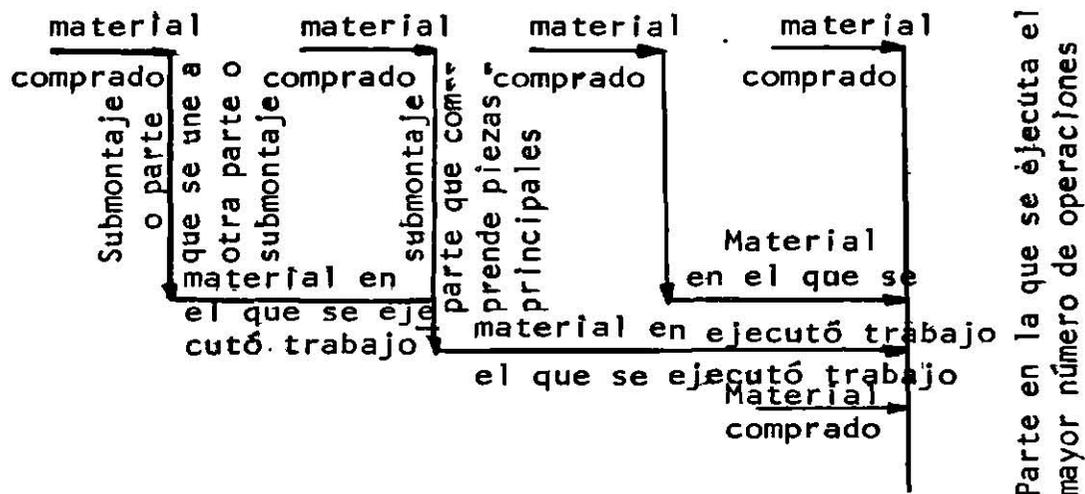
- A) Asunto representado:
- b) Método actual o Método propuesto.
- c) Número de Plano, de la pieza, u otro índice de identificación.
- d) Fecha en que se dibujó.
- e) Dibujado por.

### INFORMACION ADICIONAL:

- a) Punto del proceso en que comienza el Gráfico.
- b) Punto del proceso en que finaliza el Gráfico.
- c) Situación.
- d) Planta.
- e) Edificio.
- f) Departamento.
- g) Número del Gráfico.
- h) Hoja número ... de ... hojas.
- i) Aprobado por.
- j) Amplitud del Gráfico.

**CONVENIOS PRINCIPALES:** La sucesión en que deben ejecutarse las actividades representadas en el Gráfico, se ilustran por la colocación de los Símbolos del Diagrama en

líneas verticales. El material, ya sea adquirido o sometido a manipulación durante el proceso, se señala por líneas horizontales afluyendo a las líneas verticales. La figura 1-1 es una representación Gráfica de estos convenios.



Una de las partes componentes del producto final se elige para la Primera Representación. Para obtener un Gráfico de aspecto más sugestivo, se toma inicialmente el componente que ha de someterse a mayor número de operaciones. Si el Gráfico ha de emplearse como base para la Distribución de una Línea de Montaje Progresivo, se elegirá la parte de mayor tamaño, a la que se irán agregando las menores.

Cuando ha sido elegido el componente que se ha de presentar primero, se traza una línea horizontal de Material en la parte superior derecha del Gráfico. Sobre ésta línea se registra una Descripción del Material.

La descripción puede ser tan completa como se juzgue necesario. Corrientemente bastará una breve descripción como Chapa de Acero de Calibre 20 o Barra de Bronce Exagonal de 15.75 mm. (5/8) ya que la finalidad del Gráfico es dar un Esquema del Proceso como conjunto, más específicamente detalladas del Material empleado. En cuanto a la autoidentificación de la pieza, se logra señalando su nombre y número de identificación en letras mayúsculas directamente encima de la Descripción del Material

Por último, se traza una línea vertical descendente desde el extremo derecho de la línea horizontal del

Material. Aproximadamente a 6.5 mm. (1/4") de la intersección de las dos líneas horizontal y vertical se representa el Símbolo de la primera operación o inspección que se ejecute. A la derecha del Símbolo se indica una breve descripción de la actividad, tal como taladrar, torneear, estirar y cortar o inspeccionar el Material. A la izquierda del Símbolo se indica el tiempo empleado para ejecutar el trabajo requerido. Si existen otras Informaciones que puedan incrementar el valor del Gráfico, tales como, Departamento en que se ejecuta el trabajo, clasificación del trabajo, etc. se indican a la derecha del Símbolo, debajo de la Descripción de la Operación.

Este Método de Representación se continúa hasta que otro componente se une al primero. Entonces se traza una línea de Material para señalar el punto en que el segundo componente entra en el proceso. Si se trata de Material Adquirido, se coloca directamente encima de la línea de Material una breve descripción, tal como Tuerca de mariposa Número 18 023 o Filtro Número 80, Compañía Xey. Si en la propia planta se ha ejecutado ya alguna manipulación sobre dicho material, desde el extremo izquierdo de la línea vertical. La Materia Prima del componente y las Operaciones e Inspecciones ejecutadas en él, se representan de acuerdo con los Convenios antes establecidos. Este mismo procedimiento se repite cada vez que un nuevo componente se une al que se está representando. Como cada componente se une al principal sobre la línea vertical de la derecha, el Gráfico de incidencias ocurridas a los Componentes ya combinados se continúa hacia la derecha y a lo largo de la línea vertical. La operación final aplicada al conjunto completo quedará así ubicada en la parte inferior derecha del Gráfico.

Al construir el Gráfico deberá evitarse que las líneas verticales y horizontales se crucen para que no exista confusión. Esto se logra trazando un pequeño semicírculo en la línea horizontal en el punto donde la línea vertical se cruza.

Las operaciones se numeran correlativamente con vistas a su identificación y referencia, en el orden en que se van representando. La Primera Operación se numera 0-1; la Segunda 0-2, y así sucesivamente. Cuando otro Componente del Gráfico ha sufrido manipulación previa, se une al proceso, las operaciones ejecutadas en él se numeran en la misma serie. Si el primer Componente del Gráfico ha sufrido cuatro operaciones, estarán enumeradas como 0-1, 0-2, 0-3 y 0-4.

Si a continuación se le une el Segundo Componente, la Primera Operación ejecutada en este Segundo Elemento



ra la determinación del tiempo estándar se siguen los siguientes pasos:

- a) Factores previos a la medición del tiempo.
- b) Observación del tiempo necesario empleado por el trabajador en actividad.
- c) Factor de valoración de la ejecución.
- d) Tolerancias.
- e) Cálculo del tiempo estándar.

La expresión matemática del tiempo estándar es la siguiente:

$$T_s = T_n + T_n.T = T_n (1 + T)$$

Donde,

$T_s$  = Tiempo estándar

$T_n$  = Tiempo normal

$T$  = Tolerancias

El tiempo normal se obtiene de la siguiente expresión:

$$T_n = \frac{T_o F}{100}$$

Siendo,

$T_n$  = Tiempo normal

$T_o$  = Tiempo observado (obtenido de la mediana o modo de todos los elementos)

$F$  = Factor de valoración, expresado en %

El tiempo estándar también puede ser calculado por la siguiente fórmula, mediante la cual se obtienen resultados similares:

$$T_s = T_n \times \frac{100}{100 - T}$$

Siendo,

$T_s$  = Tiempo estándar

$T_n$  = Tiempo normal

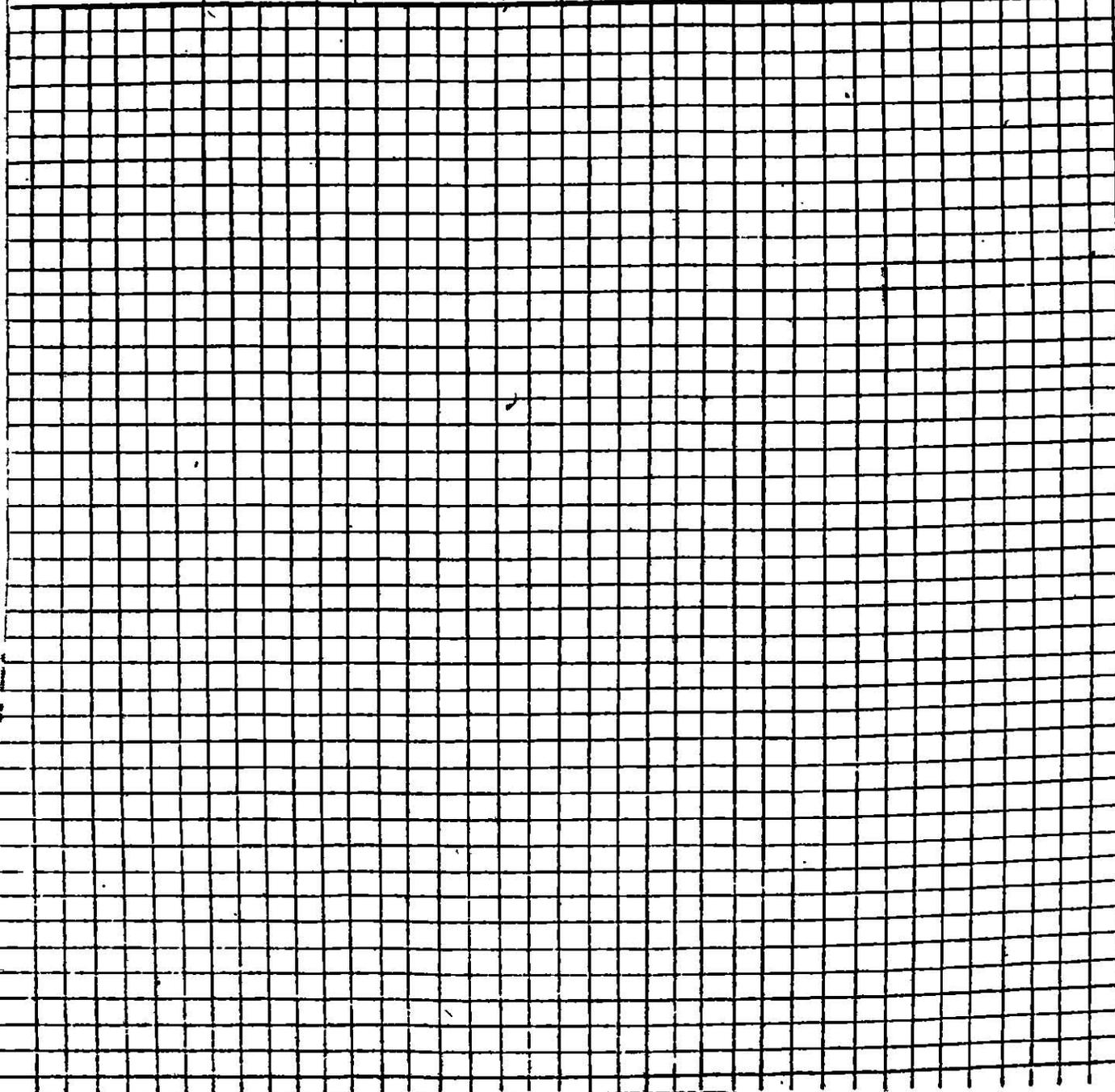
$T$  = Tolerancias

~~ANEXO 3~~  
ANEXO 3

DIAGRAMA DEL FLUJO

Par.

RESUMEN	ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		Procedimiento	
	No.	Tiempo	No.	Tiempo	No.	Tiempo	Departamento/Sección	Forma Seguida
OPERACIONES								
TRANSPORTES								
INSPECCIONES								
DEMORAS								
ALMACENAJES								
STANCIA RECORRIDA		MT.		MT.		MT.	Hecho por:	Fecha



los Materiales, Piezas o Productos objeto de estudio entre los diversos lugares de trabajo o de almacenamiento, o entre el Departamento de Recepción y el de Expedición de Mercaderías, utilizando algunas veces los Símbolos del Diagrama del Proceso para expresar las actividades que se efectúan en los diversos puntos de parada.

#### D) DIAGRAMA HOMBRE-MAQUINA.

El Diagrama HOMBRE-MAQUINA es usado para estudiar, analizar o mejorar una Estación de Trabajo a la vez. Este Diagrama muestra -- las relaciones exactas en tiempo, entre el ciclo de trabajo del hombre y el de la máquina. Con estos hechos claramente presentados existe la posibilidad de aprovechar mejor el tiempo activo del hombre, -- así como el de la máquina, y hacer un mejor balance del ciclo de trabajo.

Actualmente, la mayoría de las Máquinas herramientas son -- automáticas y por lo tanto el operador interviene en el ciclo solamente un corto tiempo del mismo. La utilización del tiempo inactivo del trabajador, cuando la máquina es automática, sirve para incrementar -- la producción.

IDENTIFICACION: Es corriente encabezar el Informe de Identificación con el rótulo de "DIAGRAMA HOMBRE-MAQUINA". En dicho informe de Identificación, es indispensable que figuren los siguientes conceptos.

- a) Operación.
- b) Máquina Tipo.
- c) Método actual o propuesto.
- d) Hecho por.
- e) Fecha.

#### INFORMACION ADICIONAL:

- a) Punto del Proceso en que comienza el Gráfico.
- b) Punto del Proceso en que termina el Gráfico.
- c) Departamento.
- d) Página... de ... Páginas.
- e) Aprobado por.

Dado que el Diagrama HOMBRE-MAQUINA por lo general se dibuja a escala, el Analista deberá seleccionar una distancia cualquiera como unidad de tiempo. Esto deberá hacerlo de acuerdo a sus necesidades, ya que mientras más largo sea el tiempo del Ciclo, la distancia deberá ser más corta. Procediendo de éste modo, se logrará un Dia-

## DIAGRAMA HOMBRE-MAQUINA

OPERACIÓN \_\_\_\_\_ PAG. No. \_\_\_\_\_ DE \_\_\_\_\_  
 MÁQUINA \_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_\_  
 DEPARTAMENTO \_\_\_\_\_ HECHO POR \_\_\_\_\_  
 MÉTODO \_\_\_\_\_

OPERADOR

TIEMPO

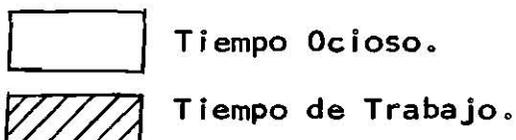
MAQUINA

## RESUMEN

	TIEMPO DEL CICLO	ACCIÓN	Ocio	% UTILIZACION
OPERADOR				
MÁQUINA				

grama Nítido y Bien Definido.

CONSTRUCCION: Una vez hecho ésto, se procede a la Construcción del Diagrama; de la siguiente manera:



De éste modo se van Graficando los Tiempos Ocupados u Ociosos hasta la terminación del Ciclo.

Al pie del Diagrama del lado izquierdo se muestra el tiempo total de trabajo del hombre, así como el tiempo ocioso total.

Igualmente se procede al lado derecho para la Máquina o Máquinas. La ventaja que tiene este Diagrama, es que al quedar completo muestra claramente el tiempo ocioso del hombre y de la Máquina, y ésto nos sirve como base para empezar nuestras mejoras.

Si se ve que el hombre permanece mucho tiempo ocioso durante el tiempo de trabajo de la máquina, se puede investigar lo siguiente:

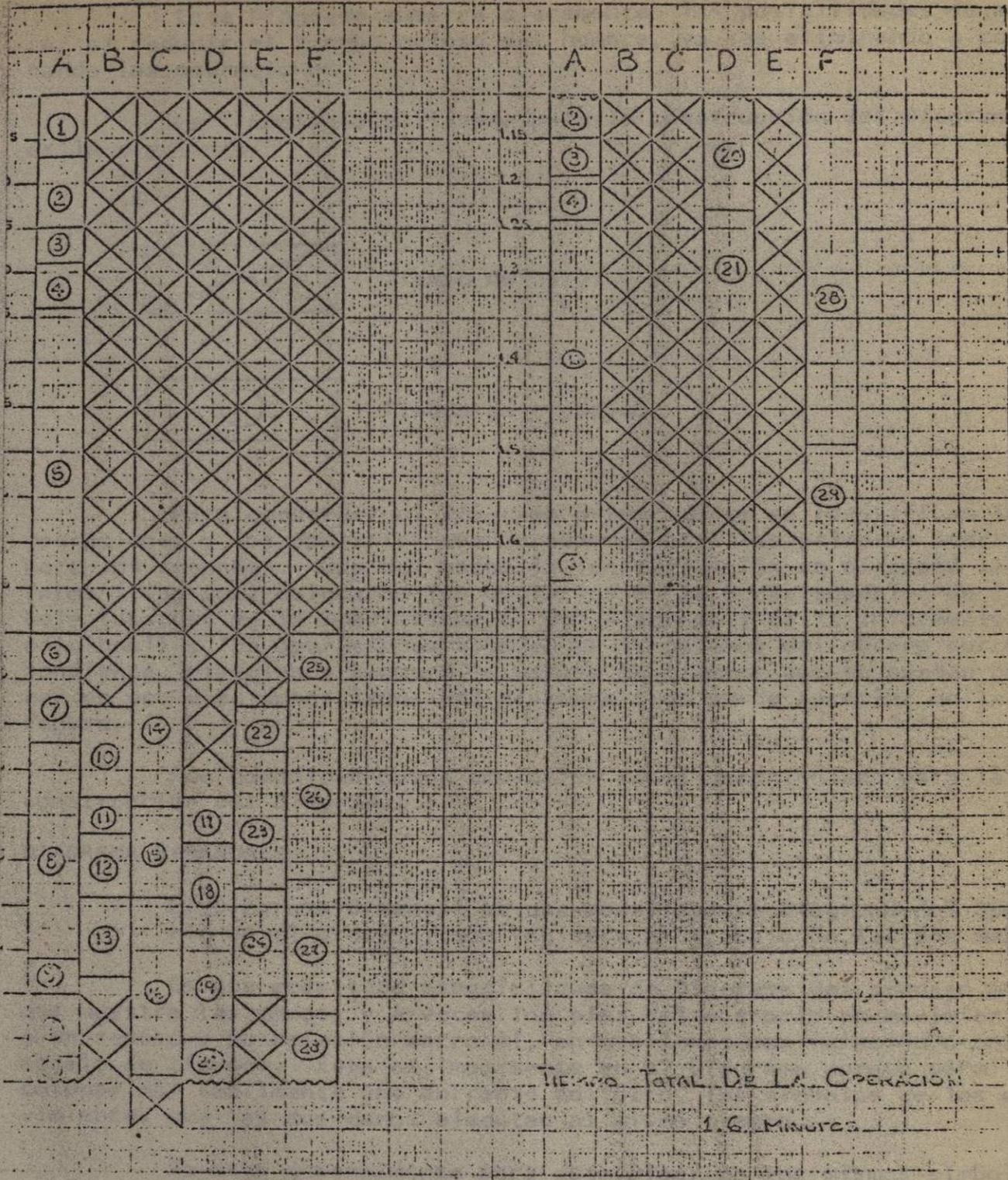
- 1.- La posibilidad de operar una segunda máquina durante éste tiempo ocioso.
- 2.- La posibilidad de efectuar algún trabajo manual, tal como acarrear lo que va a necesitar o tal vez efectuar una inspección.

La forma de resumir éstos diagramas es poniendo en la parte inferior de los mismos, la eficiencia del trabajador y de la máquina - Estos se calculan con el cociente que resulta de dividir el tiempo activo del hombre entre el tiempo total del ciclo, así como el tiempo activo de la máquina entre el tiempo total del ciclo.

Algunos autores reconocen la eficiencia de la máquina como porcentaje de utilización.

#### E) DIAGRAMA DE CUADRILLAS:

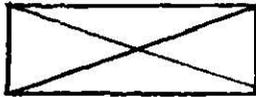
El Diagrama de Cuadrillas es una adaptación del Diagrama - - Hombre Máquina, ya que después de completar este último, el analista - estará capacitado para determinar el número más económico de máquinas que serán operadas por un hombre. Sin embargo, algunos procesos son - de tal magnitud que no es una pregunta el número de máquinas que opera un hombre, sino el saber cuántos hombres serán necesarios para una tarea determinada. El Diagrama de Cuadrillas muestra la relación exacta entre el tiempo de trabajo y el ocioso de varios hombres realizando -- una o varias actividades.



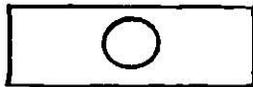
ANEXO 5

Este Diagrama muestra claramente las posibilidades de mejorar al reducir el tiempo ocioso del hombre, ya sea eliminando o combinando las operaciones.

La Simbología utilizada para la construcción del Diagrama es la siguiente:



Tiempo de ocio.



Tiempo de trabajo.

Para construir el Diagrama primeramente se identifican las operaciones y los operarios usando números para las primeras letras para los segundos. Una vez hecha la identificación se diseñará la forma (Diagrama) colocando los operarios en la parte superior de la hoja (después de la identificación del diagrama y de la información adicional) y las operaciones colocan en la columna del obrero correspondiente, atendiendo siempre la escala de tiempos que se pueden poner en uno o en ambos lados del diagrama como puede apreciar en la figura.

Por comodidad puede emplearse papel cuadrulado para la construcción del Diagrama.

#### F) DIAGRAMA BIMANUAL:

El Diagrama Bimanual es una modalidad de Diagrama del Operario en el proceso, que registra el trabajo de las dos manos.

Es una modalidad especializada de Diagrama del proceso porque muestra las manos, y a veces los pies del operario en movimiento o en reposo y su relación entre sí, en ocasiones con relación a una escala de tiempos. Esta es importante en el Diagrama porque permite colocar más fácilmente uno enfrente del otro, los símbolos de los movimientos que las dos manos ejecutan al mismo tiempo.

Se usan generalmente para este Diagrama los mismos símbolos ya descritos para otros Diagramas del Proceso si bien, en la práctica solamente se utilizan con frecuencia los correspondientes a "operación", "transporte" y "espera". Como el Diagrama Bimanual se emplea principalmente para estudiar los movimientos de las manos, y algunas veces de los pies, rara vez se usa el símbolo de "inspección", ya que cabe clasificar como "operaciones" los movimientos de las manos para inspeccionar un artículo (sosteniéndolo y examinándolo visualmente o

calibrándolo). Sin embargo, puede ser útil algunas veces emplear el símbolo de "inspección" para subrayar el examen de una pieza. Claro está que no cabe utilizar el signo de "almacenamiento". En todo caso, el diagrama bimanual se utiliza generalmente en operaciones que se repiten para registrar un ciclo completo de trabajo, la inactividad de una mano, incluso al comienzo o terminación de un ciclo, es normalmente temporal y, por consiguiente, una "espera".

#### NOTAS SOBRE LA COMPOSICION DE UN DIAGRAMA BIMANUAL:

El formulario que ha de emplearse para este Diagrama deberá comprender:

- Espacio en la parte superior para la información habitual.
- Espacio para los movimientos de ambas manos.
- Espacio para un resumen de movimientos y análisis del tiempo improductivo.

Al componer Diagramas conviene tener presentes estas observaciones:

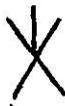
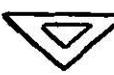
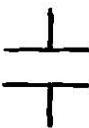
1. Registrar una mano cada vez.
2. El momento de recoger o asir otra pieza al comienzo de un ciclo de trabajo es apropiado para iniciar las anotaciones. Conviene empezar por la mano que coge la pieza primera o por la que ejecuta la mayor parte del trabajo. No es realmente importante determinar el punto exacto de partida, ya que al completar el ciclo se pasará nuevamente por el mismo punto, pero éste debe ser definido. Anótese en la segunda columna la clase de trabajo que realiza la otra mano.
3. Registrar unos pocos símbolos de una vez. Estudiar el ciclo de las operaciones varias veces antes de comenzar las anotaciones.
4. Registrar las acciones en el mismo renglón sólo cuando tienen lugar al mismo tiempo.
5. Las acciones que tienen lugar sucesivamente deben registrarse en renglones distintos. Compruébese en el Diagrama la relación de tiempos entre los movimientos de las manos.
6. Procúrese registrar todo lo que hace el operario y evitar la combinación de operaciones, transportes o colocaciones, a no ser que ocurran al mismo tiempo.



### G) DIAGRAMA DE FLUJO DE PAPELERIA:

Este Diagrama se utiliza para hacer más objetivo el recorrido de la papelería, ayudando de ésta manera a analizar el procedimiento.

El simbolismo usado en este Diagrama es el estandar basado en el Diagrama de proceso y se muestra a continuación:

<u>SIMBOLO</u>	<u>NOMBRE</u>	<u>USADO PARA REPRESENTAR</u>
	ORIGINA FORMA	Forma hecha con (h) número de copias.
	OPERACION	Trabajo hecho en una forma, computaciones e información adicional agregada.
	INSPECCION	Corrección de información en una forma, examinar -- comparando con otra fuente de información.
	SALIDA DE INFORMACION	Extraer información de -- una forma para entrar a -- otra o para ser usada por alguien.
	DESTRUYE COPIA	Después de cumplir su objetivo algunas copias no necesitan ser archivadas.
	TRANSPORTE	Cambio en la localización de la forma sin que ésta sufra alteración alguna.
	DEMORA	Formas esperando que se -- trabaje en ellas.
	ARCHIVO	Formas en un archivo organizada de una manera funcional.
	CAMBIO DE ARTICULO	Cambio en el artículo -- graficado.

**CONSTRUCCION DEL DIAGRAMA:** Estos símbolos están diseñados para expresar rápida y claramente cualquier cosa significativa que -- ocurra a los documentos. Un procedimiento apropiado para construir -- el diagrama deberá contener la siguiente información:

- a) El título de cada documento usado en el proceso.
- b) El número de copias de cada documento.
- c) La fuente de origen de cada documento.
- d) Las personas que ejecutan los diversos pasos del procedimiento. (Dadas en la columna de personal).
- e) Un símbolo para cada paso del procedimiento con una leyenda corta.

Quando estos símbolos son correctamente usados presentan -- un diagrama completo que capacita al analista a interpretar rápidamente no solo el procedimiento completo, sino cada detalle importante. Si los símbolos no son usados correctamente se puede tener dificultad en su interpretación. De hecho el Diagrama completo puede ser de valor indudable.

Las leyendas deben ser escritas para expresar que ha ocurrido con los documentos, Por ejemplo si un documento es firmado deberá expresar así en el diagrama. Las leyendas nunca deberán ser escritas en términos de los deberes dado que esto es explicado en la columna de personal.

Los símbolos usados en la columna de personal en la misma línea que los símbolos de documentos deberán contener la información que identifique al individuo. Esto es expresado en términos de lo que el individuo hace. Si esta simple regla es rigurosamente seguida, las acciones de personal no pueden interferir en el significado de la secuencia del flujo de documentos.

## CAPITULO II

### ESTUDIO DE TIEMPOS

El estudio de tiempos es una técnica para determinar con la mayor exactitud posible, partiendo de un número limitado de observaciones, el tiempo necesario para llevar a cabo una tarea determinada con arreglo a una norma de rendimiento preestablecida.

#### MATERIAL NECESARIO PARA EL ESTUDIO DE TIEMPOS.

Para efectuar estudios de tiempos es necesario cierto material. El más esencial consiste en:

Un cronómetro.

Un tablero de observaciones.

Algunos lápices.

Una regla de cálculo.

Instrumentos para medir distancias y velocidades, como una regla de metal, una cinta métrica, un micrómetro y un tacómetro (contador de vueltas).

Si el estudio tiene por objetivo fijar normas de rendimiento, no deberá emprenderse generalmente hasta que se haya terminado un estudio satisfactorio de los métodos. La razón es evidente: El contenido de trabajo del proceso no podrá ser estable si no se reduce al mínimo posible y se normaliza en las circunstancias existentes; ese contenido puede experimentar reducciones debidas al operario o al personal técnico y la importancia y naturaleza de la reducción puede variar en diversos momentos.

Por otra parte, si realiza la tarea un operario menos hábil que el que la ejecutaba previamente, podrá incluso aumentar el contenido de trabajo si la ejecuta de un modo más laborioso que el que sirvió de base para fijar el tiempo. La ordenación del programa sufrirá un grave trastorno y si se usa el tiempo tipo como base para el cálculo del rendimiento, la retribución del operario puede resultar antieconómica, ya que éste no producirá deliberadamente más del máximo que a su juicio tolerará la dirección sin hacer investigaciones, o por el contrario, el tiempo fijado resultará ser irrealizable.

#### A) CALCULO DEL TIEMPO ESTANDAR:

Un tiempo estandar, es la cantidad de tiempo empleado por un operario, de habilidad suficiente y usando un método dado, para efectuar una unidad de trabajo en condiciones normales de operación.

PASOS A SEGUIR EN LA DETERMINACION DEL TIEMPO ESTANDAR: Pa-

ra la determinación del tiempo estándar se siguen los siguientes pasos:

- a) Factores previos a la medición del tiempo.
- b) Observación del tiempo necesario empleado por el trabajador en actividad.
- c) Factor de valoración de la ejecución.
- d) Tolerancias.
- e) Cálculo del tiempo estándar.

La expresión matemática del tiempo estándar es la siguiente:

$$T_s = T_n + T_n \cdot T = T_n (1 + T)$$

Donde,

$T_s$  = Tiempo estándar

$T_n$  = Tiempo normal

$T$  = Tolerancias

El tiempo normal se obtiene de la siguiente expresión:

$$T_n = \frac{T_o F}{100}$$

Siendo,

$T_n$  = Tiempo normal

$T_o$  = Tiempo observado (obtenido de la mediana o modo de todos los elementos)

$F$  = Factor de valoración, expresado en %

El tiempo estándar también puede ser calculado por la siguiente fórmula, mediante la cual se obtienen resultados similares:

$$T_s = T_n \times \frac{100}{100 - T}$$

Siendo,

$T_s$  = Tiempo estándar

$T_n$  = Tiempo normal

$T$  = Tolerancias

## B) TOLERANCIAS:

Es un tiempo extra que se le agrega al tiempo normal para - compensar las interrupciones, demoras y disminuciones de velocidad, - originadas por una serie de factores que no intervienen directamente en la ejecución de las actividades, pero alteran el valor del tiempo estándar.

Establecer las tolerancias correctamente, es tan importante, como determinar el tiempo normal, ya que una equivocación en cualquiera de ellos, afectaría el tiempo estándar, trayendo como consecuencia la pérdida de confianza de los trabajadores.

Las tolerancias se dividen en tres grupos:

- 1) Necesidades personales.
- 2) Fatiga.
- 3) Demoras inevitables.

1) **NECESIDADES PERSONALES:** Bajo la clasificación de demoras por Necesidades Personales en el trabajo, incluyen todas aquellas interrupciones necesarias para mantener el bienestar de los empleados.- Las necesidades personales son influenciadas por la clase y condiciones generales de trabajo.

2) **FATIGA:** Las tolerancias por Fatiga, están íntimamente ligadas con las tolerancias por necesidades personales. No se ha encontrado aún una base firme para su determinación, pero pueden establecerse tolerancias por fatigas justas usando métodos empíricos. La fatiga no es homogénea en ningún aspecto, varía desde puramente física, hasta psicológica, pudiendo ser también una combinación de ambas.

Sea fatiga física o mental, los resultados son similares, -- hay una disminución en el deseo y ritmo del trabajo. Algunos de los factores principales que afectan la fatiga son: a) esfuerzo muscular, b) monotonía, c) temperatura, d) ruido, e) riesgo y f) tensión mental.

3) **DEMORAS INEVITABLES:** Las demoras inevitables pueden - - ocurrir tanto en los operarios como en la maquinaria y el equipo, dependiendo de la naturaleza del trabajo y las condiciones en que se -- efectúa. Algunas de ellas pueden ser: interrupciones de los inspectores, irregularidades en el material, rotura de herramientas, etc.

A continuación se presenta en forma tabular el porcentaje - concedido a los factores más comunes que intervienen en la determinación de las tolerancias.

TABLA  
TOLERANCIAS

Factores que requieren tolerancias	Tolerancia en %
1) Necesidades personales	4
2) Fatiga	
a) Esfuerzo muscular	
A1 Ligero	1
A2 Regular	2
A3 Pesado	3
A4 Muy pesado	4
b) Monotonía	
B1 Trabajo algo monótono	0
B2 Trabajo bastante monótono	2
B3 Trabajo muy monótono	4
c) Temperatura	
C1 Muy frío	3
C2 Frío	2
C3 Fresco	1
C4 Regular	2
C5 Caliente	3
C6 Muy caliente	5
d) Ruido	
D1 Continuo y ligero	1
D2 Fuerte	2
D3 Intermitente y fuerte	3
D4 Continuo y muy fuerte	4
D5 Intermitentes y muy fuerte	5
e) Riesgo	
E1 Deben usarse anteojos, polainas, guantes y/o Cualquier equipo durante el día	4
E2 Idem. al anterior, durante parte del día.	2
E3 Debe usarse equipo protector ocasionalmente	1
E4 No es necesario equipo protector en trabajos regulares.	0
f) Tensión mental	
F1 Proceso complejo	1
F2 Proceso bastante complejo o atención dividida entre muchos objetos	4
F3 Proceso muy complejo	8
3) DEMORAS INEVITABLES.	
a) Demora Mínima	2
b) Demora Regular	4
c) Demora Excesiva	6

### C) DETERMINACION DE NUMERO DE OBSERVACIONES:

Es necesario saber la cantidad de lecturas que se tienen -- que hacer para estar seguros de que la medición o el estándar establecido está apegado a la realidad, ya que cada medición de tiempo se ve afectada por diferentes factores (error de lectura, variación inesperada por parte del trabajador, etc.) para conocer ésta cantidad se usa la fórmula estadística establecida con un nivel de confianza de 95% dentro de la cual se encuentra el promedio observado 5% del promedio verdadero para el elemento seleccionado, la fórmula que proporciona - el número de lecturas con éstas características es la siguiente:

$$N^1 = \left( \frac{40 \sqrt{N \sum X^2 - (\sum X)^2}}{X} \right)^2$$

donde,

$N^1$  = Número requerido de lecturas.

$N$  = Número de lecturas tomadas previamente.

$X$  = Valor de las lecturas individuales de un elemento.

Algunas veces se prefiere utilizar un criterio más holgado, con 95% de nivel de confianza, con  $\pm 10\%$  de error absoluto, con estas condiciones, la fórmula que se usa es la siguiente:

$$N^1 = \left( \frac{20 \sqrt{N \sum X^2 - (\sum X)^2}}{X} \right)^2$$

Las literales tienen la misma significación que en la fórmula anterior.

Estas fórmulas son de manejo relativamente sencillo y proporcionan validez estadística al resultado.

### D) SISTEMAS DE CALIFICACION DE VELOCIDAD:

1) Sistema de la Westinghouse Electric and Manufacturing Co. Este es uno de los sistemas más antiguos y se basa en la estimación - de cuatro factores que son: Habilidad, Esfuerzo, Condiciones y Constancia, definiéndose cada uno de ellos de la manera siguiente:

**HABILIDAD** Es la pericia que se tiene para seguir un método establecido.

**ESFUERZO** Es la voluntad de trabajar efectivamente.

- CONDICIONES** Son los factores que afectan al operario y no a la operación.
- CONSTANCIA** Es la invariabilidad relativa que se tiene en el tiempo de ejecución de los elementos.

Cada uno de los factores enumerados anteriormente, está dividido en varios grados que van desde aquél en que se muestran las condiciones ínfimas hasta el punto superior en el cual las condiciones son óptimas; a cada uno de éstos grados les corresponde una letra que sirve para facilitar su identificación y un porcentaje que indica el valor asignado.

**T A B L A**

Sistema de la Westinghouse Electrical Manufacturing Co., para la Valoración de la Actuación.

HABILIDAD	ESFUERZO
+ 0.15 A1 Super-Habilidad	+ 0.13 A1 Excesivo
+ 0.13 A2	+ 0.12 A2
+ 0.11 B1 Excelente	+ 0.10 B1 Excelente
+ 0.08 B2	+ 0.08 B2
+ 0.06 C1 Buena	+ 0.05 C1 Bueno
+ 0.03 C2	+ 0.02 C2
0.0 D Media	0.0 D Medio
- 0.05 E1 Regular	- 0.04 E1 Regular
- 0.10 E2	- 0.08 E2
- 0.16 E1 Mala	- 0.12 F1 Malo
- 0.22 F2	- 0.17 F2

CONDICIONES			CONSTANCIA		
+ 0.06	A	Ideales	+ 0.04	A	Perfecta
+ 0.04	B	Excèlentes	+ 0.03	B	Excelente
+ 0.04	C	Buenas	+ 0.01	C	Buena
0.0	D	Medias	0.0	D	Media
- 0.03	E	Regulares	- 0.02	E	Regular
- 0.07	F	Malas	- 0.04	F	Mala

Siguiendo este método, la valoración se obtiene de la siguiente forma:

Valoración = ~~Habilidad~~ + Esfuerzo + Condiciones + Constancia

Una vez que se tiene el equivalente numérico para cada factor, se establece la valoración, sumando algebraicamente los cuatro factores y agregando el resultado a la unidad. La tabla muestra las escalas de calificación para nivelar las observaciones en los estudios de tiempos, por medio de este sistema. Debido al número de factores a considerar, la valoración se aplica al estudio entero.

La aplicación de esta técnica requiere un extenso adiestramiento para el analista, este sistema ha dado origen a otras técnicas semejantes difiriendo tan solo en los factores y grados que se toman en consideración y en la puntuación asignada a dichos factores.

## 2) CALIFICACION DE VELOCIDAD.

Este método consiste en comparar la velocidad de los movimientos del trabajador con el concepto que el analista tiene de un trabajo realizado a velocidad normal, por lo general se califica cada elemento por separado. La tabla muestra los diferentes grados de calificación de velocidad.

T A B L A  
CALIFICACION DE VELOCIDAD (Base 60)

SIMBOLO	VELOCIDAD	SIMBOLO	VELOCIDAD
100	Super rápida	65	Buena (-)
95	Rápida (+)	60	Normal
90	Rápida	55	Regular (+)
85	Rápida (-)	50	Regular
80	Excelente	45	Regular (-)
75	Buena (+)	40	Mala
70	Buena		

Para la aplicación correcta de este método es necesario que al analista se le entrene intensamente acerca del concepto de lo normal.

### 3) CALIFICACION OBJETIVA.

A Marvin E. Manuel se le atribuye el desarrollo de este método, el cual elimina la dificultad de establecer una velocidad normal para cada tipo de trabajo. Este método considera un solo trabajo como estándar y se refieren a él, los demás, mediante un factor de comparación, luego se multiplica esta cantidad por otro factor de dificultad relativa, llamado ajuste secundario, el cual considera a su vez varios factores cuyo valor puede ser obtenido en tablas especiales como la mostrada.

El factor de valoración de este método se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$V = C \times D$$

donde,

V = Factor de Valoración.

C = Factor de comparación con respecto al trabajo que se consideró como base.

D = Factor de dificultad.

### 4) CALIFICACION SINTETICA.

R.L. Morrow (6) desarrolló este método que consiste en determinar el factor de valoración por comparación de tiempo observado con el obtenido por tiempos predeterminados. La obtención del factor de valoración se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$V = \frac{P}{M}$$

donde,

V = Factor de valoración.

P = Tiempo predeterminado.

M = Tiempo promedio obtenido para los mismos elementos.

Algunos analistas tratan de eliminar el factor de valoración mediante la selección de los operarios a estudiarse y considerando el tiempo promedio como tiempo normal; sin embargo en este método se necesita observar a más de un operario, y considerar un gran número de ciclos para obtener resultados aproximadamente seguros, pero aún así se encuentran desviados de lo normal.

#### E) MUESTREO DE TRABAJO:

El muestreo de trabajo se define como una técnica estadística utilizada para determinar la proporción de demoras u otras clasificaciones de actividades presentadas en un ciclo completo de trabajo. El procedimiento del muestreo de trabajo tiene muchos usos, entre los cuales tenemos:

1. Determinación de proporción de demoras en un grupo de Empleados.
2. Determinación de varias clasificaciones de demoras y su relativa importancia respecto al total.
3. Determinación del nivel promedio de ejecución de un grupo de Empleados.
4. Constatar la validez de los estándares de tiempo.
5. Establecimiento de estándares de tiempo en trabajos no repetitivos.

El Muestreo de Trabajo se basa en las leyes de la probabilidad. Un número suficiente de lecturas (muestras) tomados a intervalos de tiempo determinados al azar tendrán un patrón de comportamiento igual a la situación bajo observación.

#### PROCEDIMIENTO PARA EFECTUAR UN MUESTREO DE TRABAJO:

1. Determinar el objetivo del estudio; que es lo que se quiere lograr, en qué departamento se realizará, etc.
2. Diseñar el estudio.

- a) El trabajo sometido a estudio se descompone en elementos -- o sea en partes.
- b) Establecer el nivel de seguridad que se desea; para ésto -- se acostumbra utilizar el 5% de error permisible, ya que -- el estudio de tiempos con cronómetro generalmente se obtiene con dicho porcentaje de error.
- c) Llevar a cabo una estimación preliminar de los porcentajes de las actividades (elementos) que son necesarias para que el trabajo (que se estudia) se efectúe; esta parte se obtiene haciendo lagunas lecturas, digamos 20 o 30, en tiempos -- al azar y con dichas lecturas resumir los porcentajes de cada actividad.

Nota: Sólo servirá el elemento que tenga mayor porcentaje. (supongamos 20 lecturas preliminares).

- d) Determinar el número de observaciones que se tendrán que hacer para cumplir con el nivel de seguridad previamente establecido; si el nivel de seguridad es más rígido (% de error menor) se tendrán que realizar más observaciones para cumplir con dicho nivel de seguridad.

Suponiendo que el nivel de seguridad se establece en 5% y -- que con él se obtuvo que el elemento o actividad que más -- tiempo ejecuta es de 80% entonces se obtiene el intervalo -- de precisión multiplicando los datos supuestos y se obtiene.

$$\text{Int. de precisión} = 0.80 \times 0.05 = 0.04$$

En porcentaje es 4% (5% de 80%)

Ahora usamos la gráfica No. 1-1, usando este último dato -- encontrado (intervalo de precisión) u el % de elemento que se lleva mayor cantidad de tiempo que los demás, en nuestro caso, la suposición de 80%; se localizan dichos puntos por medio de una línea recta y se prolonga hacia la escala -- "Número de Observaciones", el punto en el cual se toca dicha escala ahí se leerá la cantidad de observaciones. En -- este caso se leería 400 lecturas (Ver Gráfica 2-2).

- e) Programar las observaciones; primero hay que establecer -- cuántos días se desea realizar el estudio, se recomienda -- que se realice, mínimo en 10 días hábiles para que el estudio represente adecuadamente todas las situaciones de trabajo es muy variable se recomienda hacerlo en 20 días o más. -- Supongamos que se quiere hacer un estudio en 10 días por -- las características del trabajo, que requiere el 5% de seguridad para el estudio y que tiene el elemento o actividad mayor igual a 80% del total, entonces la programación va a

ser la siguiente:

Observaciones realizadas  
para la estimación preli-  
minar..... 20

Restan..... 380

Se realizan en 10 días, vamos a determinar las lecturas que tenemos que hacer por día.

Lecturas por día  $= \frac{380}{10} = 38$

Se estudiará un grupo de 6 personas (suposición) entonces - se harán aproximadamente 7 observaciones por día para el -- grupo ( $\frac{38}{6} = 6.3 \approx 7$ ).

f) Determinar a que hora, por día, se tiene que realizar el es tudio.

Para que sea correcto el estudio, las observaciones tienen que hacerse completamente al azar: para ejecutar este paso vamos a hacer uso de las tablas de números al azar (anexa) y la tabulación de horas (anexa).

Primeramente vamos a investigar cual es el horario de trabajo de la empresa, supongamos que es el siguiente:

8:00 a.m. - a - 12:00 a.m.

1:00 p.m. - a - 5:00 p.m.

En la tabulación de horas se determina que número le corres ponde a tal horario, encontrándose que los números son:

120 al 360

420 al 660

Enseguida se usa la tabla de números al azar buscando números, en cualquier sentido y en cualquier orden, pero manteniendo el orden escogido; se buscarán 38 números que están entre 120 y 360, entre 420 y 660.

Supongamos que siguiendo un orden determinado (por ejemplo el primero de los números de cada columna y saltando una - columna .0)



Elemento con mayor porcentaje,

Límites de Control

Observaciones por día.

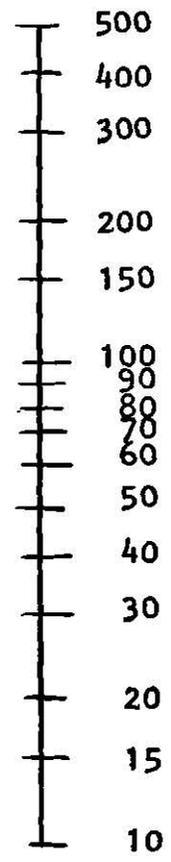
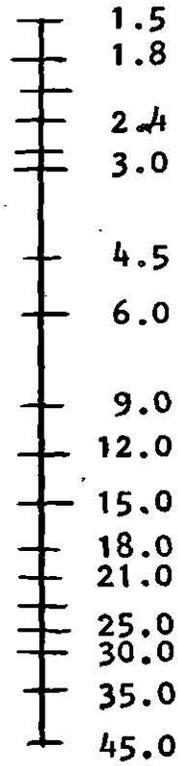
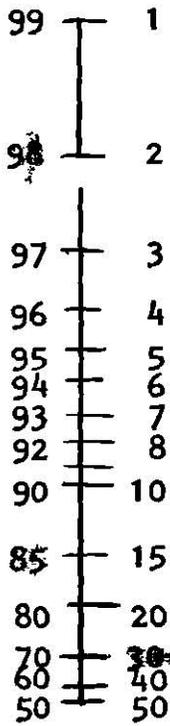


Figura 2.1

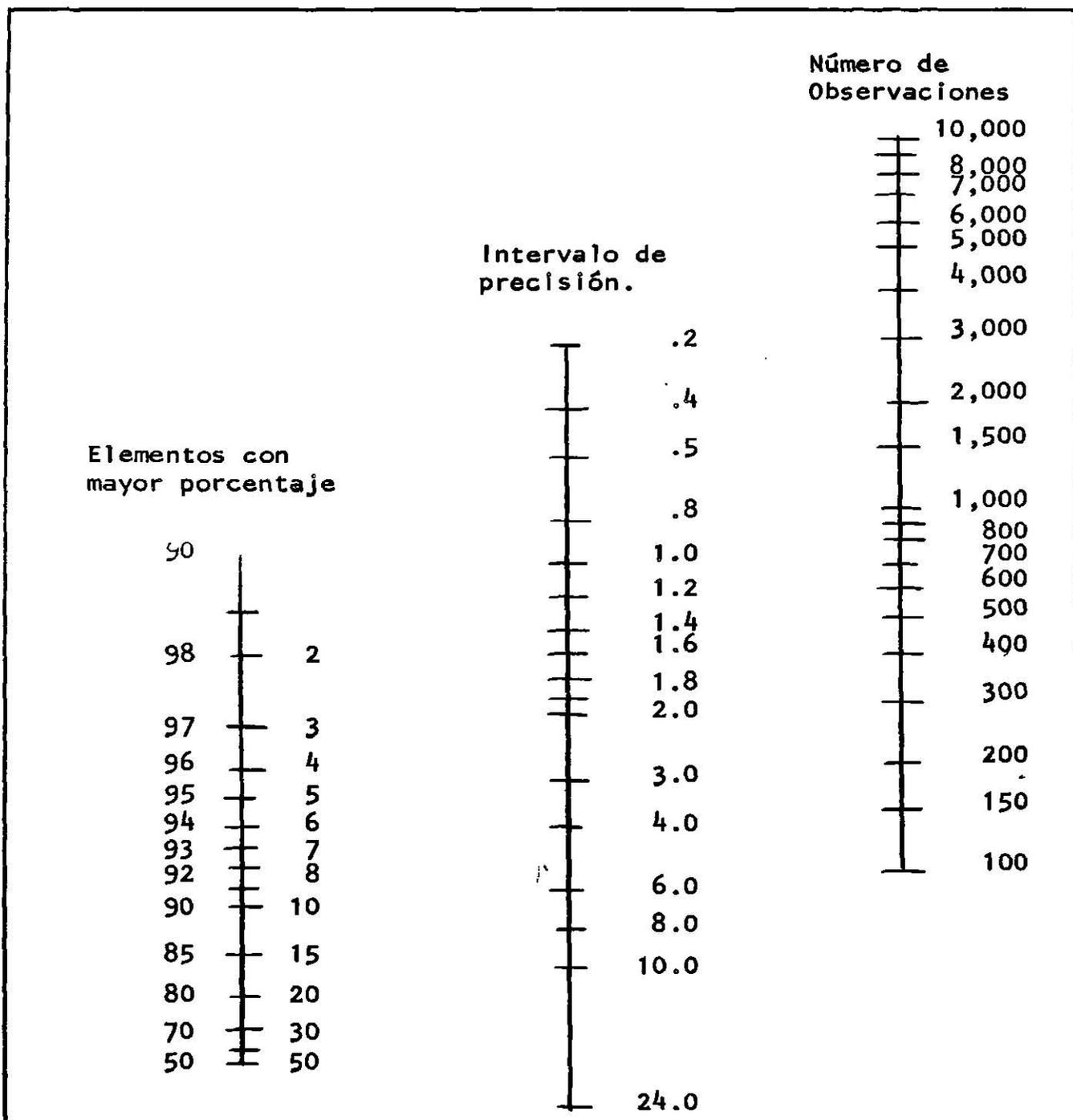


Figura 2.2

## TABLAS DE NUMEROS AL ACAR.

718 057	239	970	389	578	039	103	355	128	319	953	515
781 735	590	475	360	202	801	584	564	271	481	070	860
895 295	329	460	878	218	441	772	171	237	465	624	274
399 191	067	485	016	326	826	189	487	285	663	611	192
452 499	819	513	305	195	925	816	115	304	034	599	782
250 390	096	914	061	377	507	595	092	275	945	922	184
398 721	248	840	900	950	898	607	555	418	308	986	175
655 064	336	617	508	050	744	985	351	339	809	046	243
762 190	326	620	230	078	242	091	773	546	476	080	432
096 129	986	917	445	813	989	636	403	172	767	924	359
959 368	260	117	846	266	108	736	758	506	270	593	534
290 427	897	612	881	277	622	682	548	790	687	931	829
247 318	808	604	436	667	991	952	657	562	077	707	939
518 372	956	993	748	283	145	661	504	698	775	937	065
267 112	758	656	417	909	202	318	659	669	315	890	420
101 652	665	595	818	713	961	009	978	947	238	673	896
755 626	579	626	536	676	309	428	443	139	436	359	197
438 470	404	570	439	758	250	849	174	713	637	642	626
917 838	764	389	391	802	876	197	378	535	982	925	618
455 276	491	685	311	966	693	465	761	087	075	788	858
699 212	709	908	930	909	750	515	172	627	799	311	066
030 459	184	688	164	163	203	138	871	511	110	106	15
396 136	227	785	301	209	216	173	295	215	426	965	15
408 337	673	941	234	030	463	374	036	036	836	428	2
217 000	274	003	305	348	409	591	270	726	475	777	330
726 475	777	330	709	173	719	795	738	087	883	735	359
618 562	905	020	090	277	384	424	256	048	884	423	520
619 825	460	297	739	140	866	063	083	053	611	527	286
512 631	228	540	199	372	056	189	492	772	684	195	647
509 481	685	303	784	379	360	269	313	023	406	353	164

Se anotará en la columna "Horario de las Observaciones" las horas encontradas para cada número al azar por orden creciente; existen columnas (A, B, C, D, E) para identificar a un grupo de 6 personas (o máquinas), cada letra es una persona; en la parte derecha se establecen las clases a usar.

#### F) SISTEMA "M. T. M.":

La definición del M.T.M. (Method Time Measurement) es la siguiente: La medida del tiempo de los métodos, es un procedimiento que analiza cualquier operación manual o método por los movimientos un tiempo predeterminado, que se define por la índole del movimiento y las condiciones en que se efectúa.

Unidad de Tiempo del M.T.M. (Method Time Measurement).

La unidad de medida del M.T.M. es:

1 TMU = 0.00001 (Cien milésimas de hora).

APLICACION DEL M.T.M. :

En el sistema M.T.M. se determinan los siguientes pasos para obtener estandars de tiempo:

- a) Para seleccionar el mejor método.
- b) Para cada elemento de operación se aplican los tiempos establecidos en las tablas.
- c) Se realizan los cálculos para la obtención del resultado final.

Para aclarar más la aplicación de este sistema se citarán otras categorías resumidas a la aplicación de la medida de tiempo de los métodos y son las siguientes:

Ayuda en los Planes de Fabricación, Perfeccionamiento de los Métodos Existentes, Adiestramiento de Operarios y el Establecimiento o de Estudios de Tiempos y Ajustes de Tarifas de Salarios. Con relación a la aplicación de este sistema en empresas industriales ha tenido poco impulso por no conocerse la técnica en sí de este y los costos que causaría al aplicar este sistema, desconociéndose a la vez los beneficios que traería al aplicarlos puesto que se lograría una mejor organización y una reducción de costos tanto administrativos como de producción.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS:

Ventajas:

- a) No se requiere observación continua.

- b) Se presta para desarrollar métodos efectivos de trabajo.
- c) Permite analizar las diferentes maneras en que se puede realizar o desarrollar un trabajo.
- d) Sirve para la selección de maquinaria.

**Desventajas:**

- a) Se requiere de representantes obreros y sindicales, altamente preparados para que entiendan y acepten este método que es la base para las cargas de trabajo.
- c) La minuciosidad del estudio, puede originar errores.

**TABLAS DE TIEMPO PARA LOS MOVIMIENTOS:**

El uso de las tablas del sistema M.T.M. son de fácil comprensión, y para esto se hace un breve resumen de la forma en que se usan estas tablas y es el siguiente: La relación mutua que se tiene en estas tablas va de acuerdo a las distancias de desplazamiento que se provoca en cada elemento de la operación dependiendo del caso y las condiciones en que se realiza un movimiento. En algunas de estas tablas y de acuerdo al caso que se presente y unidades constantes de aplicación en tiempo de acuerdo a descripciones de elementos realizados.

De las 10 tablas que se adjuntan, nueve tienen similitud en su caso dependiendo como se dijo anteriormente de la distancia de desplazamiento, caso y descripción, suplementos de peso o resistencia, factores adicionales y unidades constantes para medidas de tiempos, con la única diferencia de la última tabla (o sea la No. 10) en la cual no incluye tiempos, sino únicamente la determinación de movimientos simultáneos, es decir, miembros del cuerpo que realizan movimientos básicos completos y característicos que se deben de tomar al desarrollar la operación.

TABLA I. ALCANZAR R

Distancias de desplazamiento en mm (*)	Tiempo en TMU				Mano en movimiento		Caso y descripción
	A	B	C o D	E	A	B	
19 mm (3/4") o menos	2.0	2.0	2.0	2.0	1.6	1.6	A Alcanzar el objeto en posición fija, o el objeto sito en la otra mano o sobre el que descansa la otra mano.
25.4 (1)	2.5	2.5	3.6	2.4	2.1	2.3	
50.8 (2)	4.0	4.0	5.9	3.0	3.5	2.7	
76.2 (3)	5.3	5.3	7.3	5.3	4.5	3.6	
101.6 (4)	6.1	6.4	8.4	6.0	4.7	4.3	
127 (5)	6.5	7.0	9.4	7.4	5.3	5.0	B Alcanzar un objeto sencillo en situación que pueda variar ligeramente de ciclo en ciclo.
152.4 (6)	7.0	8.6	10.1	8.0	5.7	5.7	
177.8 (7)	7.4	9.3	10.8	8.7	6.1	6.5	
203.2 (8)	7.9	10	11.5	9.3	6.5	7.2	
228.6 (9)	8.3	10.8	12.2	9.9	6.9	7.9	
254 (10)	8.7	11.5	12.9	10.5	7.3	8.6	C Alcanzar un objeto mezclado con otros objetos en un agrupamiento, de modo que se llegue a buscar y seleccionar.
304.8 (12)	9.6	12.9	14.2	11.8	8.1	10.1	
355.6 (14)	10.3	14.4	15.6	13.0	8.9	11.5	
406.4 (16)	11.4	15.0	17.0	14.2	9.7	12.9	
457.2 (18)	12.3	17.2	18.4	15.5	10.5	14.4	
508 (20)	13.1	18.6	19.8	16.7	11.3	15.0	D Alcanzar un objeto muy pequeño o que se precisa coger necesariamente.
558.8 (22)	14.0	20.1	21.2	18.0	12.1	17.3	
609.6 (24)	14.9	21.5	22.5	19.7	12.9	18.8	
660.4 (26)	15.8	22.9	23.9	20.4	13.7	20.2	
711.2 (28)	16.7	24.4	25.3	21.7	14.5	21.7	
762 (30)	17.5	25.8	26.7	22.9	15.3	23.3	E Alcanzar una posición indefinida o un lugar indefinido hasta situar la mano en posición para el equilibrio del cuerpo, para el movimiento siguiente, o apartarse.

TABLA II. MOVER M

Distancia de desplazamiento en mm (*)	Tiempo en TMU				Suplemento peso			Caso y descripción
	A	B	C	Mano en movimiento B	Peso (kg) (**)	Factor	Unidad constante para medida de tiempo TMU	
19 mm (3/4") o menos	2.0	2.0	2.0	1.7	1.13 (2.5)	1.00	0	A Trasladar el objeto a otra mano o contra el tope.
25.4 (1)	2.5	2.9	3.4	2.3	3.4 (7.5)	1.06	2.2	
50.8 (2)	3.6	4.6	5.2	2.9				
76.2 (3)	4.9	5.7	6.7	3.6				
101.6 (4)	6.1	6.9	8.0	4.3				
127 (5)	7.3	8.0	9.2	5.0				
152.4 (6)	8.1	8.9	10.3	5.7	7.93 (17.5)	1.17	5.6	D Trasladar el objeto a un lugar próximo o indeterminado.
177.8 (7)	8.9	9.7	11.1	6.5				
203.2 (8)	9.7	10.6	11.6	7.2				
228.6 (9)	10.5	11.5	12.7	7.9				
254 (10)	11.3	12.2	13.5	8.6				
304.8 (12)	12.9	13.4	15.2	10.0	12.45 (27.5)	1.70	9.1	
355.6 (14)	14.4	14.6	16.9	11.4				
406.4 (16)	16.0	15.8	18.7	12.8				
457.2 (18)	17.6	17.0	20.4	14.2				
508 (20)	19.2	18.2	22.1	15.6				
558.8 (22)	20.8	19.4	23.8	17.0	17.00 (37.5)	1.39	12.5	C Trasladar el objeto a un lugar determinado.
609.6 (24)	22.4	20.6	25.5	18.4				
660.4 (26)	24.0	21.8	27.3	19.8				
711.2 (28)	25.5	23.1	29.0	21.2				
762 (30)	27.1	24.3	30.7	22.7				
					19.25 (42.5)	1.44	14.3	
					21.25 (47.5)	1.50	16.0	

TABLA III. GIRAR Y APLICAR PRESIÓN T y AP

Peso	Tiempo en TMU para grados girados										
	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°
Pequeño: 0 a 0.7 kg (0 a 2 lb)	2.8	3.5	4.1	4.8	5.4	6.1	6.8	7.4	8.1	8.7	9.4
Intermedio: de 0.95 a 4.5 kg (2.1 a 10 lb)	4.4	5.5	6.5	7.5	8.5	9.6	10.6	11.6	12.7	13.7	14.8
Grande: de 4.57 a 15.0 kg (10.1 a 35 lb)	8.4	10.5	12.3	14.4	16.2	18.3	20.4	22.2	24.3	26.1	28.2

Aplicar presión, caso 1: 16.2 TMU. Aplicar presión, caso 2: 10.6 TMU.

TABLA IV. COGER O

Caso	Unidades tiempo	DESCRIPCIÓN
1A	2,0	Recoger.—Objeto pequeño, intermedio o grande que, de por sí, pueda cogerse fácilmente.
1B	3,5	Objeto muy pequeño u objeto que se halla apretado contra una superficie lisa.
1C1	7,3	Entorpecimiento al coger por la parte inferior y por uno de los lados de un objeto casi cilíndrico. Diámetro mayor de 12,7 mm (1/2").
1C2	8,7	Entorpecimiento al coger por el fondo y uno de los lados de un objeto casi cilíndrico. Diámetro de 6,3 a 12,7 mm (1/4" a 1/2").
1C3	10,8	Entorpecimiento al coger por la parte inferior y uno de los lados de un objeto casi cilíndrico. Diámetro menor de 6,3 mm (1/4").
2	5,6	Volver a coger.
3	5,6	Coger por transferencia.
4A	7,3	Objeto entremezclado con otros, de modo que hay que buscar y entresacar. Mayor de 25,4 x 25,4 x 25,4 mm (1" x 1" x 1").
4B	9,5	Objeto que se halla entremezclado con otros, entre los que hay que buscarlo y entresacarlo: 6,3 x 6,3 x 3,2 mm (1/4" x 1/4" x 1/8") a 25,4 x 25,4 x 25,4 mm (1" x 1" x 1").
4C	12,9	Objeto mezclado con otros, entre los que hay que buscarlo y entresacarlo. Menor de 6,3 x 6,3 x 3,2 mm (1/4" x 1/4" x 1/8").
5	0	Establecer contacto, hacer deslizar o coger con garfio.

TABLA V. POSICIONAR (\*)

Clase de entaje o ajuste		Simetría	Fácil de manejar	Difícil de manejar
1 Holgado . . .	No precisa precisión.	Simetría	5,6	11,2
		Semisimetría	9,1	14,7
		Asimetría	10,4	16,0
2 Ajustada . . .	Precisa presión ligera.	Simetría	16,2	21,8
		Semisimetría	19,7	25,3
		Asimetría	21,0	26,6
3 Hermético. . .	Precisa fuerte presión.	Simetría	43,0	48,6
		Semisimetría	46,5	52,1
		Asimetría	47,8	53,4

(\*) Distancia que ha de desplazarse hasta acoplar 25,4 mm (1") o menos.

TABLA VI. SOLTAR R1.

Caso	Tiempo TMU	Descripción
1	2,0	Soltar normal abriendo los dedos como movimiento independiente.
2	0	Soltar al contacto.

TABLA VII. DESCONECTAR D

Clase de ajuste	De manejo fácil	De manejo difícil
1 Flojo. Esfuerzo muy ligero; se une con el movimiento subsiguiente . . . . .	4,0	5,7
2 Ajustado. Esfuerzo normal, ligero rechazo . . . . .	7,5	11,8
3 Hermético. Esfuerzo considerable, la mano retrocede en la forma señalada . . . . .	22,9	34,7

TABLA VIII. TIEMPO DE DESPLAZAMIENTO Y ENFOQUE VISUAL ET Y EF

Tiempo de desplazamiento visual =  $15,2 \times \frac{y}{D}$  TMU, con un valor máximo de 20 TMU.

en la que T es igual a la distancia entre los puntos desde y hasta donde la vista se desplaza.  
D es igual a la distancia perpendicular desde el ojo hasta la línea de desplazamiento T.

Tiempo del enfoque visual = 7,3 TMU.





## CAPITULO III

### INCENTIVOS

Los sistemas de incentivos son alicientes económicos con miras a elevar la productividad de una Empresa, basándose en la producción y calidad. Generalmente son aplicados a los trabajadores y obreros.

FINES: Todos y cada uno de los sistemas de incentivos deben cumplir en forma simultánea con dos fines:

1. Pagar más a quien trabaje más.
2. Reducir Costos.

Se han ideado muchos planes o modelos distintos, citaremos solamente un pequeño número de ellos:

1. Modelo de Destajo Uniforme:

$$T = HR \frac{(Pr)}{(Ps)}$$

en donde: H = Tasa horaria en dólares por hora.

R = Tiempo real trabajado en horas por semana.

Pr = Producción real por hora en piezas por hora.

Ps = Producción estándar por hora en un número previsto de piezas por hora.

T = Tasa salarial semanal en dólares por semana.

H/Pr es la tasa en dólares por pieza de trabajo terminado y se deriva en términos de una producción estándar (a partir de la evaluación de tareas). Sin embargo, el trabajador tiene garantías con este plan salarial fundamental. Su salario semanal disminuye proporcionalmente al bajar su producción real.

2. Modelo de Destajo con una Base Garantizada:

en el caso de  $Pr \leq Ps$        $T = HR$

en el caso de  $Pr > Ps$        $T = HR \frac{(Pr)}{(Ps)}$

En este caso, se garantiza al trabajador por lo menos un --

salario mensual de  $T = HR$ . Como su producción real es mayor que la producción estándar puede ganar un dinero adicional.

3. Modelo General de Incentivo.

$$\begin{array}{ll} \text{en el caso de } Pr < Ps & T = HR \\ \text{en el caso de } Pr > Ps & T = HR \left[ 1 + k \frac{(Pr-1)}{(Ps)} \right] \end{array}$$

También en este caso, se ha establecido el mínimo en  $T = HR$ . Sin embargo, obsérvese que el incentivo resulta ahora proporcional a las dimensiones del coeficiente  $k$ . Si  $Pr$  es mayor que  $Ps$ , se paga al trabajador una fracción del valor de la producción adicional a la vez como recompensa y como incentivo. Valor de  $k$  dependerá del plan que se utilice. Por ejemplo, existe el plan "mitad mitad" de Halsey en donde  $k = 1/2$ . En el plan de primas del cien por cien (Rowan)  $k = 1$ . En el plan Bedaux,  $k = 3/4$ .

ANALISIS DE PLAN DE SUELDOS	TIEMPO JUSTO POR HORAS	BONOS DE PRODUCCION	LABOR Y BONOS (GANTT) (DIEMER) (DIA) (TIEMPO MULTIPLE) (PIEZA DE TRABAJO ORDINARIA) (CONTRATO)	DEBERIA DEBE SER CORREGIDA	DEBERIA DEBE SER CORREGIDA	PIEZA DE TRABAJO MULTIPLE (HORA STANDARD) (100% PREMIO) GARANTIZADO	ACTUACION DEBE SER CORREGIDA	ACTUACION DEBE SER CORREGIDA	PREMIO (HALSEY) (50-50) (ROWAN)	PREMIO FORMULA EMPIRICA (BARTH)	ELEMENTO SUPERVISOR (BEAUKPOINT) (HAYNES-HART)	ESTALA DE EFICIENCIA (EMERSON) (KNOXPEL) (GIBLOW)	VARIOS (WENNERLAND) (GRUPO INDIVIDUAL) (MAGUIN FICKER)	DEBE SER CORREGIDA	DEBE SER CORREGIDA	(FRANKMURST) (CONOMIA) (LINDNER)
DETERMINACION STANDARD	NINGUNA															
NIVEL DE TRABAJO	NINGUNO	BAJO	VARIADO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO	BAJO	NINGUNO	MEDIO	ALTO	VARIADO				
INCENTIVO	POBRE	REGULAR	BUENO	EXCELENTE	EXCELENTE	LO MAS GRANDE	REGULAR	REGULAR	BUENO	BUENO	REGULAR					
TARIFA MINIMA GARANTIZADA	SI	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	GENERAL MENTE
FAVORABLE A NUEVOS EMPLEADOS	SI	USUAL MENTE	SI	SI	NO	SI	NO	SI	SI	MUY DIFICIL	SI	SI	SI	SI	SI	USUAL MENTE
COMPRESION DEL EMPLEADO	FACIL	FACIL	DIFICIL	FACIL	FACIL	DIFICIL	DIFICIL	FACIL	FACIL	MUY DIFICIL	MUY DIFICIL	MUY DIFICIL	MUY DIFICIL	MUY DIFICIL	MUY DIFICIL	MUY DIFICIL
COMPUTACION DE LA NOMINA	LO MAS SIMPLE	COMPLEJO	MUY COMPLEJO	COMPLEJO	SIMPLE	COMPLEJO	COMPLEJO	COMPLEJO	COMPLEJO	COMPLEJO	COMPLEJO	COMPLEJO	COMPLEJO	COMPLEJO	COMPLEJO	COMPLEJO
PARTICIPACION DE LABOR INDIRECTA Y SUPERVISION	NO	POSSIBLE MENTE	EN GRUPOS	EN GRUPOS	EN GRUPOS	EN GRUPOS	EN GRUPOS	EN GRUPOS	EN GRUPOS	EN GRUPOS	EN GRUPOS	EN GRUPOS	EN GRUPOS	EN GRUPOS	EN GRUPOS	EN GRUPOS
APLICABLE A GRUPOS	SI	FRECUENTE MENTE	POSIBLE MENTE	SI	FRECUENTE MENTE	OCCASIONAL MENTE	OCCASIONAL MENTE	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI

## CAPITULO IV

### TECNICAS DE PRONOSTICO

#### PRONOSTICO PARA PRODUCTOS NUEVOS:

Pronosticar la demanda de productos ya conocidos quizá sea un procedimiento bastante común, pero para pronosticar la aceptación que tendrá un nuevo producto se necesita algo más. En el planeamiento para productos muy conocidos los datos anteriores son útiles para predecir el futuro. Naturalmente, con los nuevos productos no suele suceder así. He aquí algunos de los métodos aplicados al pronóstico relacionados con nuevos productos:

**METODO DE ENCUESTA DIRECTA.** A los posibles clientes se les pregunta qué tienen la intención de comprar. Como es casi imposible preguntar a todos, es necesario emplear procedimientos de muestreo y dirigirse solo a unos cuantos. De lo que éstos respondan es posible deducir con alguna aproximación, como responderá la población. Es probable que el comprador fluctúe de un día a otro a causa de los cambios políticos o económicos, de la moda o de otro tipo, por eso estas encuestas deben afectarse de factores que tomen en cuenta estos cambios.

**METODO DE ENCUESTA INDIRECTA.** Otro método para predecir la demanda es consultar a gente que sabe cómo reacciona el cliente. Es frecuente que el vendedor sepa, pero sus estimaciones propenden al optimismo. Los comerciantes al por mayor, corredores de comercio y otros intermediarios también son solicitados, puesto que tienen los dedos directamente en el pulso de la demanda.

**COMPARACION CON PRODUCTOS CONOCIDOS.** En ocasiones el producto que se está estudiando es comparable a un producto ya existente y entonces pueden compararse las cifras de ventas. Si un sustituto perfecto del producto ya existente, probablemente habrá poca dificultad si se presenta debidamente. Si es un sustituto del producto de un competidor, su aceptación dependerá del programa de publicidad y del apego del cliente a su producto.

**PRUEBA LIMITADA EN EL MERCADO.** Otro método para predecir la demanda de un nuevo producto es el intento de venderlo en una zona limitada para ver cómo la aceptan los clientes en potencia.

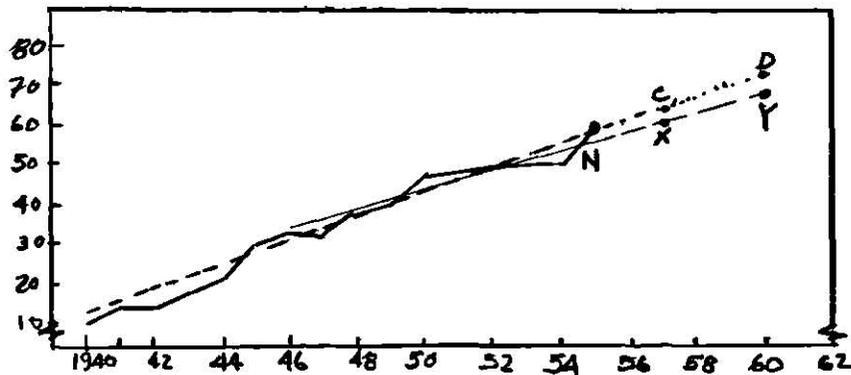
#### PRONOSTICO PARA PRODUCTOS CONOCIDOS.

He aquí los métodos comunes para pronosticar la venta de productos conocidos en el mercado:

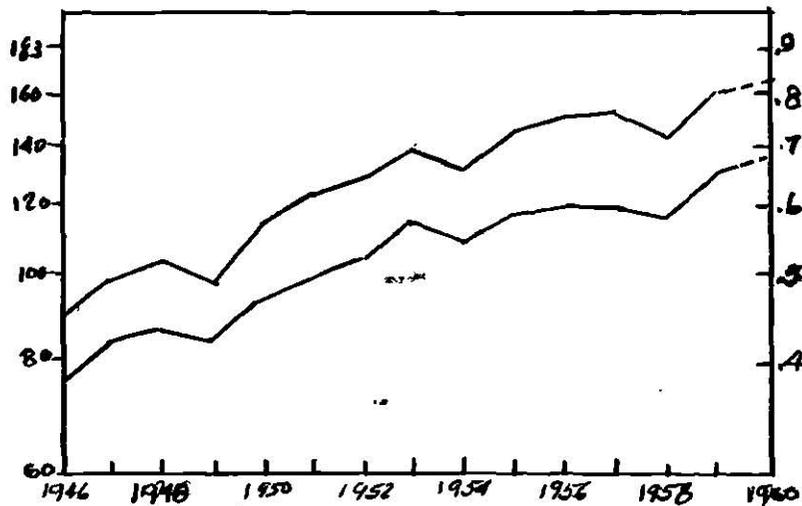
**METODOS DE PROYECCION.** Este sistema se basa en la suposi-

ción de que lo sucedido antes continuará ocurriendo. Se proyecta la relación de ventas a ingresos, tiempo u otros factores para determinar lo que serán las ventas en lo futuro, como lo muestra la fig. 4-1. Una línea que pasa por los datos conocidos se proyecta en la región - a pronosticar para predecir cual será el volumen de ventas en períodos futuros.

Figura 4-1.  
Ejemplo del Método de Proyección



**METODO DE INFORMACIÓN CONEXA.** En esta técnica se halla un pronosticados que varía directamente según el volumen de ventas. En este ejemplo se utiliza el índice de la Junta de Reserva Federal.



Naturalmente, la predicción tiene que hallarse con bastante anticipación a la necesidad. Quiere esto decir que o precede a las - ventas o es en sí un pronóstico para cierta temporada futura. Por --

ejemplo, los índices actuales de natalidad podrían servir para predecir la venta de alimentos para niños, o también emplearse para lo mismo predicciones bien fundadas sobre los nacimientos. (Más adelante examinaremos estas dos técnicas la de proyección y la de la información conexas, con ayuda de los procedimientos estadísticos).

#### ESTADISTICAS PARA PRONOSTICOS.

La palabra estadística tiene varios sentidos muy variados - en el pronóstico de ventas. Puede significar datos o colección de éstos, Pero para los más enterados significa principios de inferencia estadística. Las estadísticas matemáticas pueden abarcar desde - - - ideas muy elementales hasta conceptos teóricos bastante complicados.

Hay que comprender que la estadística es un instrumento de análisis de datos y no un fin en sí misma. Desarrollaremos el tema - teniendo esto presente y procederemos con el orden siguiente:

#### 1. Muestreo estadístico.

a) Características de la distribución normal.

b) Características de las distribuciones binomial y de Poisson.

(ver Capítulo VII)

#### 2. Estadística de asociación.

a) Análisis de regresión.

b) Análisis de correlación.

#### ESTADISTICAS DE ASOCIACION:

Hay dos procedimientos estadísticos comunes empleados en análisis de datos bivariados:

**Análisis de regresión:** La derivación de una relación numérica entre dos o más números de datos. El objetivo es predecir el valor de una variable conociendo el de la otra.

#### ANALISIS DE CORRELACION:

Es la medida del grado de relación que existe entre las variables consideradas.

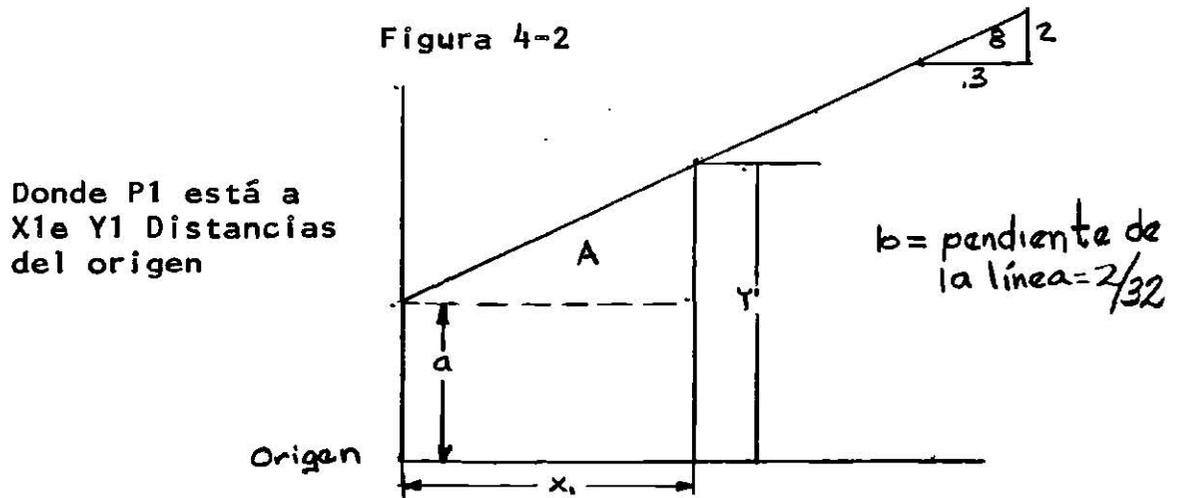
Si la relación es únicamente entre dos series de datos se llama análisis de Correlación Simple o de Regresión Simple; pero cuando se consideran diversas series de variable se habla de análisis de correlación (o regresión) múltiple.

Ya que con frecuencia los análisis de Regresión y Correlación se ponen bajo el encabezado único de correlación.

ANALISIS DE REGRESION. (por inspección).

Una ecuación para una línea de tendencia dá un informe conciso de la tendencia y hacer posible predecir valores de la variable dependiente sin el aburrido transporte de puntos figura 4-2.

La ecuación de la línea nos dice la relación existente entre distancias a medida que el punto se desplaza a lo largo de la línea, por ejemplo, figura 4-2.



Dado un valor podemos resolver la ecuación por el otro. Para desarrollar la ecuación de la línea hay un método que es imaginar dos triángulos semejantes A y B. El lado más corto de un triángulo es el más largo del otro; como el corto es a su lado más largo. Esto puede expresarse más cómodamente de esta forma:

$$\frac{Y_1 - a}{X_1} = \frac{2}{3}$$

$$Y_1 = a + \frac{2}{3} X_1$$

ECUACION DE REGRESION MINIMO-CUADRATICA:

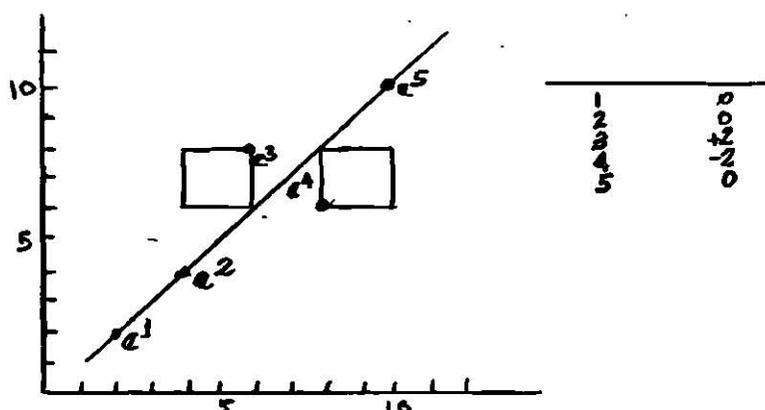
Al acomodar la línea a ojo recuérdese que tratamos de trazarla en el esparcigrana de modo que la suma de las desviaciones posibles de la línea fuera exactamente igual a la suma de las desviaciones negativas.

Si se multiplican los números positivos o negativos por sí

mismos (si se elevan al cuadrado) dan números positivos. Así pues, si se elevan al cuadrado todas las desviaciones de la línea se convierten en positivas y el problema ya no consiste en contraponer o balancear negativas contra positivas, sino en hallar el valor mínimo del total. El método mínimo-cuadrático, como su nombre indica, trata de sacar el total de todas las desviaciones elevadas al cuadrado, o sea el mínimo o valor menor. Esto es fácil de imaginar (Figura 4-3) cuando observamos que el objetivo es hallar un valor mínimo de las sumas de los cuadrados.

Figura 4-3

Ecuaciones de regresión por los cuadrados mínimos



El meollo de este método es determinar los coeficientes de regresión  $a$  y  $b$  en las siguientes condiciones:

1. La suma de las desviaciones verticales de la línea de regresión es igual a cero. O sea que todas las desviaciones positivas situadas por encima de la línea deben ser exactamente iguales a todas las desviaciones negativas.

2. Las desviaciones,  $e$ , de la línea de regresión, elevadas al cuadrado,  $e^2$ , y sumadas,  $\sum e^2$ , deben ser menos que cualquier otra línea recta que pudiera hacerse pasar por los puntos. Las condiciones de 1, como se ha dicho, se cumplen cuando se satisficere esta parte.

Las fórmulas principales para resolver las ecuaciones son:

$$0 = \sum Y - Na - b \sum X$$

$$\sum YX = a \sum X + \sum X^2$$

Estas se resuelven por medio de ecuaciones simultáneas, - - donde N es la suma del número de observaciones.

#### ANALISIS DE CORRELACION:

En este también buscamos la relación gráfica o numérica entre las variables sin consideración. Más a veces nos interesa únicamente el grado de relación sin tener en cuenta los aspectos cuantitativos.

Las ecuaciones mejor conocidas para sacar el coeficiente de correlación son:

$$r = \frac{\sum XY}{\sqrt{\sum X^2 \sum Y^2}}$$

que puede expresarse en función de los valores medios:

$$r = \frac{\sum (X - \bar{X}) (Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X - \bar{X})^2 \sum (Y - \bar{Y})^2}}$$

por comodidad en el cómputo del coeficiente de correlación podría emplearse la siguiente ecuación

$$r = \frac{N \sum XY - (\sum X) (\sum Y)}{\sqrt{[N \sum X^2 - (\sum X)^2] [N \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

esta medida de correlación puede emplearse cuando deseamos determinar el grado de relación sin cuidarnos de la relación funcional.

Por ejemplo, si hubieramos querido determinar el grado de relación de las ventas al ingreso disponible hubieramos podido emplear el coeficiente de correlación.

#### SERIES DE TIEMPOS:

Hay una vasta zona de análisis estadísticos en que la variable independiente del eje horizontal es el tiempo. Una serie de -- tiempos son datos cronológicos con alguna cantidad, como dólares de -- ventas, volumen de éstas u otra información, como variable dependiente y unidades de tiempo como variable independiente.

Los movimientos o variaciones de la variable dependiente -- pueden dividirse en cuatro componentes distintos son: La variación -- llamada de tendencia, síclica, estacional, e irregular.

### VARIACIONES DE TENDENCIA.

Son cambios que se dan en un largo período de años. Cuando no se consideran todas las variaciones intermedias, una serie de tiempo suele tender a aumentar o disminuir.

### VARIACIONES SICLICAS.

Son modificaciones que se dan en un lapso más corto de años y acusan cierta periodicidad. Pueden compararse con un sistema de péndulo o de resorte en el campo de la mecánica. Como es sabido, cuando un péndulo se pone en movimiento trata de alcanzar su punto de equilibrio, pero va más allá. Al volver a su posición de equilibrio se pasa otra vez, y así se produce una serie de oscilaciones hasta llegar al fin a su función de reposo. Si hay alguna fuerza exterior, este ir y venir cíclico puede continuar indefinidamente. Las industrias gustan de predecir los cíclicos y se han hecho muchos intentos de correlacionarlos con fenómenos como los meteorológicos o las manchas solares, más con poco éxito.

### VARIACIONES PERIODICAS O ESTACIONALES.

El movimiento periódico más común es la variación estacional que se produce, con cierto grado de regularidad, en el curso de un año. Estas variaciones se deben a las variaciones climatológicas como efectos del sol y del buen tiempo de los prados, que a su vez afecta a la venta de segadores de césped, de los fertilizantes, de muebles para jardín y artículos de comercio semejantes. Las costumbres de la sociedad ejercen su fuerte influencia, como la limpieza general de la casa en primavera en la venta de artículos para el hogar. Se intenta compensar las variaciones ocasionales creando demanda para el uso del producto fuera de la estación, o fabricando otro producto para tal uso.

### VARIACIONES IRREGULARES.

Son movimientos que se producen sin ritmo determinado, pueden correlacionarse con algún suceso, como el comienzo o el fin de una guerra, una epidemia o alguna otra crisis.

La descomposición de la serie de tiempos que se efectúa según este modelo.

$$O = TXCXSXI$$

Donde O es el valor observado, T la tendencia y C el ciclo, S lo estacional e I lo irregular.

A veces se usa otro modelo pero se prefiere el multiplicativo porque puede aplicarse con cambio de porcentaje y no con los absolutos.

Como es un modelo multiplicativo solo es necesario dividir por el factor apropiado para suprimir su efecto. Por ejemplo, para quitar la tendencia de la serie podemos dividir por T.

Los porcentajes empleados en estos modelos son buenos ejemplos de números índices y merecen exámen aparte.

#### NUMEROS INDICES.

Son una serie de porcentajes que muestran cambios de precios, cantidad o valor sin referencia a una base. Los índices se clasifican según su modo de formación.

**Índice Simple.** El ejemplo dado en la figura 4-4 es un índice simple típico, un valor dividido por la base.

**Índice Simple Agregado.** Varios valores, como el precio del maíz y el trigo, se suman y dividen por el total del precio base. El resultado se multiplica por 100 para tomar un porcentaje.

**Índice Promedio de Relativos.** Dos o más índices se suman y se saca su promedio.

**Índice Colectivo Ponderado.** El estadístico aplica factores de Ponderación a los componentes cuando lo considera necesario. La determinación de estos factores puede ser un estudio en sí.

El índice desempeña importante papel en el pronóstico así como en el análisis de la economía.

Figura 4-4

Año	1o.	2o.	3o.	4o.
Ventas.....	37	39	43	47 mil
Base.....		39 (elección arbitraria)		
	37/39	39/39	43/39	47/39
Índice.....	95%	100%	110%	120%

## CAPITULO V

### EVALUACION DEL TRABAJO

La Administración de Personal es una de las funciones de -- primordial importancia para la eficiente dirección de una empresa.

Actualmente se han descuidado algunos aspectos referentes - al manejo de Energía Humana, lo cual amerita un control de esta energía para hacer uso eficiente de otros recursos.

Debido a que las direcciones empresariales carecen de un medio que les proporcione el conocimiento de las actividades desarrolladas por su personal, así como los requisitos y cualidades que deben - de poseer éstos, pretenden alcanzar tal objetivo utilizando una técnica que recoja y analice las actividades de cada unidad funcional y esta técnica se le conoce con el nombre de Análisis de Puestos.

Al conocerse las actividades desarrolladas, los requisitos y cualidades demandadas en los ocupantes de los puestos, puede esta-- blecerse la importancia de los mismos dentro de la organización, objetivo de otra técnica conocida como la valuación de puestos.

#### METODOS EMPLEADOS.

##### A). GRADACION:

Por este sistema, los puestos analizados como un todo, no - proporcionándose una escala de medición, sino que son comparados puesto a puesto, de acuerdo al juicio y criterio de los calificadores.

Los miembros del comité deben analizar las demandas del - - puesto, comparándolos entre sí y tomando en cuenta lo siguiente:

- A) Dificultad y Volumen del Trabajo.
- B) Responsabilidad Implicada.
- C) Supervisión Ejecutada y recibida.
- D) Requisitos de Experiencia y Entrenamiento.
- E) Condiciones de Trabajo.

El propósito hasta aquí es gradar cada puesto en relación a otros, puestos dentro de la organización en orden decreciente y de - - acuerdo a los niveles de responsabilidad y requisitos para posteriormente agruparlos en clases y asignarles un valor arbitrario en dinero a cada clase.

**VENTAJAS DE ESTE SISTEMA:**

1. De fácil aplicación.
2. Gradación Rápida.
3. Costo del Estudio Relativamente bajo.
4. De fácil entendimiento.

**DESVENTAJAS:**

1. No hay normas definidas para determinar la gradación.
2. Puede haber confusiones si hay similitud en los títulos.
3. El juicio de los calificadores puede cambiar de un tiempo a otro y sus conceptos individuales de los puestos pueden diferir.
4. Dificulta la determinación de cuanto más importante es un puesto que otro hacia arriba o hacia abajo del que se está comparando.
5. Se dificulta el ordenamiento con el aumento y complejidad de los puestos.
6. Puede influir la percepción monetaria en la gradación.
7. Los calificadores no tienen experiencia en tales trabajos, así - que sus decisiones son inciertas.
8. Puede influir en la gradación la posición tradicional de cada -- puesto.
9. Puede calificarse la persona y no el puesto.

Este sistema debe usarse cuando el tiempo o las fuentes para el empleo de otro sistema no son disponibles o como comprobación en la precisión de otros sistemas.

**B) GRADOS O CALIFICACION:**

Este sistema es el segundo desarrollado con fines de Valua ción de Puestos. Según este sistema, los puestos son considerados -- también como un todo más la comparación se hace contra una escala.

El principio fundamental sobre el que descansa este sistema expresa que, dentro de una categoría de puestos, existen diferencias en responsabilidades, habilidades y funciones ejercidas dentro del puesto, si estas diferencias son identificadas, pueden ser escri tas en términos de grados bien definidos, desde los requisitos míni mos a los máximos.

No debe intentarse definir los elementos del puesto, sino - en nivel de requisitos, (Responsabilidad, Habilidad, etc.) en su totalidad, de tal manera que la definición viene a ser una descripción de nivel general en cuestión. Así se prepara la escala contra la cual - serán medidos los puestos. A continuación se leen las descripciones de los puestos y se selecciona el grado cuya definición se considera representa el nivel de funciones del puesto.

La dificultad de este método estiva en el establecimiento - de los grados, por lo tanto esta tarea se encomienda a un comité, el cual representa todas las partes de la organización y tiene un amplio conocimiento de los requerimientos del puesto'

Este sistema es una modificación de la anterior (gradación), pues mientras en tal sistema los puestos son primero gradados y después agrupados en clases, en el sistema de clasificación primero se - establecen las clases o grados y después se hace la gradación.

Las ventajas que reporta este sistema son muy similares al de gradación:

- A) De fácil agrupación.
- B) De fácil entendimiento.
- C) Resultados Satisfactorios.
- D) Costo Bajo.

#### DESVENTAJAS:

- A) PUEDE HACERSE Una clasificación incorrecta por ausencia de un análisis detallado.
- B) Es difícil la construcción de la escala o sea la definición de los grados.
- C) Algunos puestos pueden pertenecer a dos grados.
- D) No determina cuanto más importante es un puesto que otro en la Clasificación.
- E) Puede influir la percepción monetaria en la clasificación.
- F) Se dificulta la clasificación con el aumento de puestos y su - complejidad.
- G) Puede calificarse a la persona y no al puesto.

#### D) COMPARACION DE FACTORES

Este sistema de Valuación se basa en la comparación de los

puestos contra puestos clave, los que han sido escogidos previamente y los cuales cubren los salarios altos y bajos de la organización.

Como en el sistema de puntos que más adelante se relata, -- los puestos son divididos en Factores tales como Habilidades, Requerimientos Mentales, Responsabilidades, Esfuerzos y Condiciones de Trabajo.

Los puestos clave son entonces seleccionados y gradados en orden de importancia y factor por factor; se establecen los pagos horarios (semanales, etc., etc.) y después los factores.

Así se proporciona una tabla de comparación contra la cual serán valuados todos los puestos por similitud en los factores.

Los pasos necesarios para desarrollar este sistema son:

1. Selección de los Puestos Clave de la Organización.
2. Determinación de los factores a considerar.
3. Gradación de los puestos clave dentro de cada factor.
4. Determinación de las razones de pago horario (diario, semanal, etc.).
5. Prorratio de las razones de pago entre los factores de acuerdo a su importancia.
6. Valuar todos los puestos contra los puestos clave.

Este sistema viene a ser un refinamiento del Sistema de Gradación ya que los puestos son gradados como en tal sistema. El refinamiento consiste en que los puestos son comparados en sus partes componentes.

Hay una variante en este sistema y se caracteriza por el empleo de puntos en vez de razones de pago o sea que los puestos clave son valuados en puntos y después estos puntos se prorratioan entre los factores. El valor total de los puestos será entonces la suma de los valores asignados a los factores. Después de estos puntos son convertidos a unidades monetarias llegando así a la valoración de los puestos en dinero.

Las ventajas de esta modificación son:

Disminuye la influencia que pueda tener el Comité en cuanto a la relación existente entre las retribuciones.

Es más fácil modificar la escala de salarios existentes si se emplean puntos en lugar de valores en dinero.

**VENTAJAS:**

1. Las escalas de valoración están hechas a la medida de los puestos.
2. Gran flexibilidad por considerar los factores definidos en términos generales.
3. Comparación directa entre los puestos en sus puntos comparables.

**DESVENTAJAS:**

1. La construcción de la escala de Valuaciones difícil y arbitraria.
2. Es difícil explicar el sistema a los empleados.
3. Se lleva mucho tiempo.
4. Requiere mucho trabajo de oficina.
5. Si las desigualdades existentes en los salarios de los puestos clave son erróneas estas desigualdades permanecerán en la valuación.

**D) PUNTUACION:**

Este sistema es el más comúnmente usado en la actualidad. Utiliza escalas de valuación para medir características específicas de puestos llamadas factores.

Tales factores se seleccionan de manera que representen las características medibles de los puestos; ya seleccionados son definidos claramente indicando su alcance y contenido.

Se preparan las Descripciones de Puestos para obtener las Especificaciones del mismo que vienen a ser los requisitos que demanda el puesto al ocupante.

Al tener las Especificaciones de los Puestos se procede a definir los diferentes grados dentro de cada factor para formular la escala con la que deberán medirse todos los puestos.

Posteriormente se establece la ponderación de los factores que la Empresa crea conveniente. La Ponderación deberá reflejar la importancia relativa de los factores dentro de la organización.

Finalmente se distribuyen los puntos a cada uno de los Grados tomando en cuenta la dificultad que representan y de acuerdo a la Ponderación de cada factor.

De esta manera queda construido el Manual de Valuación; --

con las especificaciones de los puestos y dicho manual, se hace una comparación para ver en qué Grado cae cada uno de los puestos en cada factor.

#### VENTAJAS:

1. Gran precisión (en la valuación) por el hecho de dividir -- los puntos en sus partes componentes y valuarlos contra una escala uniforme.
2. De empleo sencillo y de fácil comprensión ya que las definiciones de los grados están escritas en términos aplicables a los puestos que se valuan.
3. La Valuación en puntos minimiza la influencia que pudiera ejercer el título del puesto, el sueldo o salario o el ocupante.
4. La precisión y consistencia del sistema aumenta conforme pasa el tiempo.

#### DESVENTAJAS:

1. La selección, definición, grados y ponderación de los factores es difícil y arbitraria.
2. Toma tiempo desarrollar este sistema.
3. Costo relativamente alto.

#### OBJETIVOS:

Los objetivos que se persiguen al instalar un programa de análisis y valuación de puestos son amplios y variados.

Para el análisis de puestos se enumeran principalmente los siguientes:

1. Establecimiento de bases firmes para una mejor organización.
2. Desarrollo del Programa de Valuación de Puestos.
3. Elaboración de Programas de Adiestramiento.
4. Mejoramiento de Métodos.
5. Selección de Personal.
6. Mejoramiento en la Distribución de Cargas de Trabajo.

7. Desarrollo de Programas de Seguridad.

8. Calificación de Méritos.

En cuanto a la Valuación de Puestos se encuentran principal\_mente los siguientes:

1. Administración de Sueldo y Salarios.

2. Revisión de Contratos.

3. Comparación de Sueldos y Salarios de la Compañía.

4. Transferencias y Promociones.

TABLA COMPARATIVA QUE MUESTRA LOS GRUPOS Y SUS FACTORES,  
LA PONDERACION, GRADOS Y SU PUNTUACION.

GRUPO	No.	FACTOR	PONDERACION	GRADOS									
				1	2	3	4	5	6	7	8		
HABILIDAD	1	CONOCIMIENTOS	15	15	50	100	150						
	2	PERÍODO DE ADAPTACIÓN	3	3	5	10	15	20	25	30			
	3	DESTREZA	6	10	20	35	60						
	4	PRECISIÓN	$\frac{9}{33\%}$	10	25	50	90						
RESPONSABILIDAD	5	POR TRABAJO DE OTROS	6	0	5	10	15	25	40	60			
	6	POR SEGURIDAD DE OTROS	4	3	7	20	40						
	7	POR MAQUINARIA Y EQUIPO	9	10	12	14	20	30	45	65	90		
	8	POR MATERIALES	$\frac{9}{28\%}$	5	10	20	35	55	80	90			
ESFUERZO	9	DEMANDA FÍSICA	7	3	5	10	25	45	70				
	10	DEMANDA MENTAL Y VISUAL	$\frac{11}{18\%}$	10	30	60	110						
CONDICIONES DE TRABAJO	11	MEDIO AMBIENTE	6	0	10	30	50	60					
	12	RIESGOS POR ACCIDENTES	4	5	10	25	40						
	13	MONOTONÍA	$\frac{2}{12\%}$	2	5	12	20						
	1A	ADICIÓN A CONOCIMIENTOS POR CONOCIMIENTOS BÁSICOS	$\frac{7}{7\%}$	A		B		C		D			
				10	20	40	70						
	9A	ADICIÓN A DEMANDA FÍSICA POR POSTURAS ADOPTADAS.	$\frac{2}{2\%}$	2	6	12	20						

**TABLA COMPARATIVA  
DE  
VALUACION**

CLAVE	TITULO DEL PUESTO	HABILIDAD				RESPONSABILIDAD				ESFUERZO				CONDICIONES DE TRABAJO				PUNTAJACION	SALARIOS SEMANALES											
		CONOCIMIENTOS		PERIODO DE ADAPTACION		DESTREZA		PRECISION		POR TRABAJO DE OTROS		POR SEGURIDAD DE OTROS		POR MAQUINARIA Y EQUIPO		POR MATERIALES				DEMANDA FISICA		DEMANDA MENTAL Y VISUAL		MEDIO AMBIENTE		RIESGOS POR ACCIDENTES		MONOTONIA		
		MAX. NO. DE POS.	MAX. NO. DE POS.	MAX. NO. DE POS.	MAX. NO. DE POS.	MAX. NO. DE POS.	MAX. NO. DE POS.	MAX. NO. DE POS.	MAX. NO. DE POS.	MAX. NO. DE POS.	MAX. NO. DE POS.	MAX. NO. DE POS.	MAX. NO. DE POS.	MAX. NO. DE POS.	MAX. NO. DE POS.	MAX. NO. DE POS.	MAX. NO. DE POS.			MAX. NO. DE POS.	MAX. NO. DE POS.	MAX. NO. DE POS.	MAX. NO. DE POS.	MAX. NO. DE POS.	MAX. NO. DE POS.	MAX. NO. DE POS.	MAX. NO. DE POS.	MAX. NO. DE POS.	MAX. NO. DE POS.	MAX. NO. DE POS.
S-CE 221	FORMADOR DE ENCAJES	II	5	III	35	II	25	I	0	7	IB	5	10	II	IB	10	II	30	II	30	II	30	II	30	II	10	II	20	248	\$2000
S-CE 124	OP. HORNO DE HIDROGENO	III	10	IV	60	III	50	I	0	40	IC	45	55	Y	IC	50	II	30	II	30	II	30	II	30	II	10	II	12	489	\$2612
S-CE 330	INSPECTOR DE FILAMENTOS	II	5	III	35	IV	50	I	0	3	IB	10	20	VI	IB	10	VI	100	IV	100	I	100	I	100	I	5	IV	20	437	\$1902
S-PB 222	PREPARADOR SUSPENSION FOSFORO - SILICATO	II	5	II	20	III	50	I	0	3	IIA	10	20	VI	IIA	10	VI	30	II	30	II	30	II	30	II	25	III	12	341	\$2000
S-P2 323	PINTOR DEL BOTON Y CUELLO	II	5	III	35	II	25	I	0	20	IA	2	35	IV	IA	2	IV	60	III	60	III	60	III	60	III	10	III	12	351	\$2142
S-AG 121	OP. MONTACARGAS	II	5	III	35	II	25	I	0	40	IB	5	60	VII	IB	5	VII	90	II	90	II	90	II	90	II	25	III	12	478	\$1923
S-U 121	SELLADOR DE BULBOS	III	10	III	35	III	50	I	0	3	IB	5	60	VI	IB	5	VI	60	III	60	III	60	III	60	III	25	III	12	487	\$2852
S-BA 721	INSPECTOR DE COMPONENTES	II	5	II	20	III	50	I	0	3	IA	2	5	I	IA	2	I	30	II	30	II	30	II	30	II	10	III	12	248	\$1732
S-PA 222	PREPARADOR DE CINESCOPIOS	IV	15	IV	60	IV	50	II	5	7	IB	5	55	V	IB	5	V	110	IV	110	IV	110	IV	110	IV	25	III	12	616	\$2552

## CALIFICACION DE MERITOS:

### E) PRINCIPIOS FUNDAMENTALES APLICADOS EN TODOS LOS TIPOS DE CALIFICACION.

Procedimientos y Técnicas comunes. Existen algunos principios fundamentales para calificar a los empleados que son aplicables a la organización y la conducción de programas de calificación en cualquier nivel de una empresa. Tanto si se trata de operarios de taller como de inspectores y ejecutivos, el desarrollo y la puesta en práctica de un programa de calificación con el fin de medir la capacidad necesaria para un cargo, exigen técnicas y procedimientos que esencialmente son siempre los mismos.

Desarrollo de los Programas de Calificación. Los programas de calificación se desarrollan mejor adaptándose a cada empresa particular. Los planes existentes rara vez encajan directamente en las necesidades de una empresa determinada. El propio desarrollo del programa no puede por menos de despertar en los que hacen la calificación, al mismo tiempo que en los calificados, más interés por hacer que el plan funcione bien, no solo comprenden mejor la finalidad de su trabajo, sino que los inspectores y los altos directivos se interesan también por el programa de calificación y desean que dé los resultados apetecidos.

OBJETOS DEL PROGRAMA DE CALIFICACION. La utilidad de los resultados de cualquier programa de calificación aumenta si se restringen sus fines lo más posible con preferencia a solo un fin. Los programas de calificación se usan más comunmente para facilitar las decisiones relativas a: fijación de salarios, ascensos, traslados o traspasos, contratación, despidos y descubrimientos de flaquezas individuales. Alguna que otra vez se utilizan las calificaciones como guía para volver a contratar empleados que han sido despedidos temporalmente con el fin de conseguir una utilización más eficaz del potencial humano, campo en el que la mayoría de las industrias están francamente retrasadas.

La Fig. 5-1 y 5-2, muestran dos tipos de Calificación de Méritos.

## ESCALA DE CALIFICA

**INSTRUCCIONES PARA SU USO.** En este sistema de calificación hay ocho cualidades importantes que otras. No hay que ocuparse de cuáles sean sus respectivos pesos, sino que fijarse como se compara éste empleado con los demás del mismo estado en el punto en que se cree que está. Fijarse siempre del empleado como formando parte de la escala. Asegúrese de que ha calificado al empleado en cada una de las cualidades favorables al deseable, en lo que respecta a una de las cualidades en cuestión. **NO SE INTENTE CALIFICAR A UN EMPLEADO SI NO SE TIENEN LOS CONOCIMIENTOS NECESARIOS PARA HACERLO.** Si el empleado es calificado en un punto de la escala, se le debe calificar en el punto de la escala superior, pero no al revés de esta página; esto es importante, porque de ello puede depender su progreso en el trabajo.

**1. CALIDAD Y CANTIDAD DE TRABAJO REALIZADO.** Examine la cantidad de trabajo realizado y la habilidad para mantener un alto grado de exactitud.

**2. LABORIOSIDAD E INICIATIVA.** ¿Pone el empleado atención, energía y persistencia en su trabajo? ¿Necesita que se le esté azuzando constantemente o prosigue su trabajo hasta terminarlo?

**3. CONFIANZA E INTEGRIDAD.** Examine el grado de confianza que puede ponerse en que el empleado cumplirá con sus obligaciones. ¿Acepta toda la responsabilidad que pesa sobre él? ¿Puede confiarse en su puntualidad? ¿Es honrado en sus tratos con la administración y con sus compañeros de trabajo?

**4. CONOCIMIENTO DEL TRABAJO Y CAPACIDAD PARA APRENDER.** Examine la extensión de sus conocimientos sobre su propio trabajo y sobre otras labores relacionadas, la facilidad con que aprende nuevos métodos para realizar su tarea y los detalles de los trabajos relacionados con ella.

**5. COOPERACION.** Examine su actitud para actuar conjuntamente con sus compañeros y sus superiores en beneficio de la unidad. ¿Se acopla fácilmente al grupo?

**6. CRITERIO.** ¿Produce la impresión de ser una persona en cuyo juicio pueda confiarse, aun en los casos difíciles? ¿Es precipitado, excéntrico, tiene prejuicios o es dominado por sus sentimientos?

Fic. 1. Escala u hoja de

## ESCALA DE CALIFICACION POR SERVICIO

des para calificar a un empleado. Es evidente que algunas cualidades son más importantes que otras. No hay que ocuparse de cuáles sean sus respectivos pesos, sino que fijarse como se compara éste empleado con los demás del mismo estado en el punto en que se cree que está. Fijarse siempre del empleado como formando parte de la escala. Asegúrese de que ha calificado al empleado en cada una de las cualidades favorables al deseable, en lo que respecta a una de las cualidades en cuestión. **NO SE INTENTE CALIFICAR A UN EMPLEADO SI NO SE TIENEN LOS CONOCIMIENTOS NECESARIOS PARA HACERLO.** Si el empleado es calificado en un punto de la escala, se le debe calificar en el punto de la escala superior, pero no al revés de esta página; esto es importante, porque de ello puede depender su progreso en el trabajo.

**1. CALIDAD Y CANTIDAD DE TRABAJO REALIZADO.** Examine la cantidad de trabajo realizado y la habilidad para mantener un alto grado de exactitud.

**2. LABORIOSIDAD E INICIATIVA.** ¿Pone el empleado atención, energía y persistencia en su trabajo? ¿Necesita que se le esté azuzando constantemente o prosigue su trabajo hasta terminarlo?

**3. CONFIANZA E INTEGRIDAD.** Examine el grado de confianza que puede ponerse en que el empleado cumplirá con sus obligaciones. ¿Acepta toda la responsabilidad que pesa sobre él? ¿Puede confiarse en su puntualidad? ¿Es honrado en sus tratos con la administración y con sus compañeros de trabajo?

**4. CONOCIMIENTO DEL TRABAJO Y CAPACIDAD PARA APRENDER.** Examine la extensión de sus conocimientos sobre su propio trabajo y sobre otras labores relacionadas, la facilidad con que aprende nuevos métodos para realizar su tarea y los detalles de los trabajos relacionados con ella.

**5. COOPERACION.** Examine su actitud para actuar conjuntamente con sus compañeros y sus superiores en beneficio de la unidad. ¿Se acopla fácilmente al grupo?

**6. CRITERIO.** ¿Produce la impresión de ser una persona en cuyo juicio pueda confiarse, aun en los casos difíciles? ¿Es precipitado, excéntrico, tiene prejuicios o es dominado por sus sentimientos?

Fic. 1. Escala u hoja de

## ESTIMACION DE CUALIDADES

Fecha \_\_\_\_\_ Informe sobre \_\_\_\_\_  
 Dept. \_\_\_\_\_

Esta estimación debe hacerse con sumo cuidado y una gran equidad en interés de la compañía y del empleado afectado, teniendo cuidado de evitar valuaciones excesivas por benevolencia indebida o demasiado bajas por efecto de prejuicios. El calificador debe estar preparado a justificar sus calificaciones si la ocasión lo requiriera.  
 Los hechos revelados son útiles para el empleado y para la compañía. Debe animarse a aquel para que consiga mejorar en aquellas cualidades con calificaciones bajas.  
 Debe darse al empleado de cada grupo una calificación adecuada (1, 2, 3, 4 ó 5) para cada subdivisión dentro del mismo, y después debe ponerse una X en la columna que indica un promedio general regular del grupo. Las estimaciones deben basarse en una comparación con otros empleados en situación análoga.

Cualidades que hay que examinar	1 Sobresaliente (excepcional)	2 Buena (superior al promedio)	3 Satisfactoria (promedio)	4 Regular (inferior al promedio)	5 Mala (inaceptable)
<b>GRUPO 1 — Habilidad para realizar su trabajo:</b>					
Cuidad del trabajo (exactitud y pulcritud).....					
Cantidad de trabajo realizado (laboriosidad, prontitud, volumen) .....					
Habilidad para comprender rápidamente y seguir las instrucciones .....					
Habilidad general .....					
<b>GRUPO 2 — Conocimientos:</b>					
Conocimientos sobre su propio trabajo.....					
Conocimiento de las operaciones del departamento.					
Conocimientos de ingeniería.....					
Conocimientos sobre la fabricación.....					

<b>GRUPO 3 — Hábitos de trabajo y características personales:</b>					
Puntualidad .....					
Asistencia al trabajo .....					
Conducta (dominio de sí mismo, cortesía) .....					
Actividad .....					
Interés en el trabajo y diligencia en hacerlo.....					
Confianza que puede tenerse en él mientras hace su trabajo sin inspección.....					
Hábito de mantenerse ocupado y evitar la ociosidad .....					
Espíritu cooperativo (disposición a ayudar a los demás) .....					
Lealtad hacia los intereses de la compañía .....					
Orden (en los métodos de trabajo y en el cuidado de la maquinaria) .....					
<b>GRUPO 4 — Cualidades especiales:</b>					
Iniciativa .....					
Criterio .....					
Adaptabilidad .....					
Confiable .....					
Originalidad (capacidad inventiva) .....					
<b>GRUPO 5 — Capacidad inspectora:</b>					
Capacidad para aceptar responsabilidad.....					
Habilidad para planear trabajos.....					
Habilidad para ejecutar trabajos.....					
Habilidad para enseñar a otros métodos de trabajo adecuados .....					
Habilidad para dirigir a otros operarios y conseguir su cooperación .....					
Conocimiento de los negocios de la compañía.....					
<b>GRUPO 6 — Más apto para:</b>					
Ventas .....					
Fabricación .....					
Desarrollo .....					
Ingeniería .....					
Calificación resumen para todas las cualidades					
Valor general para la compañía					

Fig. 52. Hoja de calificación o estimación de las cualidades

## CAPITULO VI

### CONTROL DE INVENTARIO

Un efectivo control de inventarios asegura el disponer de -- cantidades de materiales adecuados para hacer frente a las exigencias de operación, evitando al mismo tiempo que sean excesivas.

El volumen del inventario depende principalmente de los costos que éste implica. Los materiales "muertos" representan una inversión en efectivo considerable y su almacenamiento da lugar a ciertos - costos por concepto de existencias o mantenimiento de inventario. Sin embargo, los costos que se originan en la carencia de un inventario -- adecuado son también grandes porque, a medida que se producen retrasos de la producción, se introducen otros factores de costos de mayor serriedad. Por consiguiente, es función de un control de inventarios - - efectivo el mantener un inventario de tamaño tal que los costos de mantenimiento de un inventario demasiado grande se equilibren con los resultantes de unas existencias de materiales inadecuadas.

Además de la regulación de las existencias de materiales almacenados, el control de inventarios se ocupa de la localización, almacenamiento y registro sistemático de los materiales, de manera se cuente con el grado deseado de servicios para los departamentos de operación y se reduzca a un mínimo el costo de los servicios.

#### A) ROTACION DE INVENTARIOS DE MATERIALES:

Por rotación de inventarios de materiales debe entenderse el número de veces que dentro de un período dado se reemplaza, computándose en valores monetarios.

Podemos obtener la rotación bajo las siguientes fórmulas:

$$\text{Rotación} = \frac{\text{Importe de las salidas}}{\text{Promedio del inventario de material}}$$

(Estos valores se dan en pesos)

El inventario promedio de materiales se obtiene dividiendo - el total de material en inventarios durante un período determinado entre dos y multiplicado por su precio unitario, para obtener así el promedio de materiales en inventario en pesos.

La rotación nos proporciona una idea acerca de que si el inventario es deficiente o excesivo en relación con nuestro volumen de ventas.

Una rotación de inventario excepcionalmente alta, no es muy

buena en una empresa, los esfuerzos por mantener una rotación de materia prima especialmente alta, pueden verse paralizados por un agotamiento de partidas en tal forma que las líneas de producción deberán pararse.

En referencia al inventario de productos terminados, un dato de rotación muy alta puede indicar que se están perdiendo ventas provechosas debido a que frecuentemente se carece de existencias.

Una rotación de inventario excepcionalmente baja o decreciente sugiere varias posibilidades. El Administrador Financiero de cada firma establece un compromiso entre carecer en ocasiones de existencias completas a la mano.

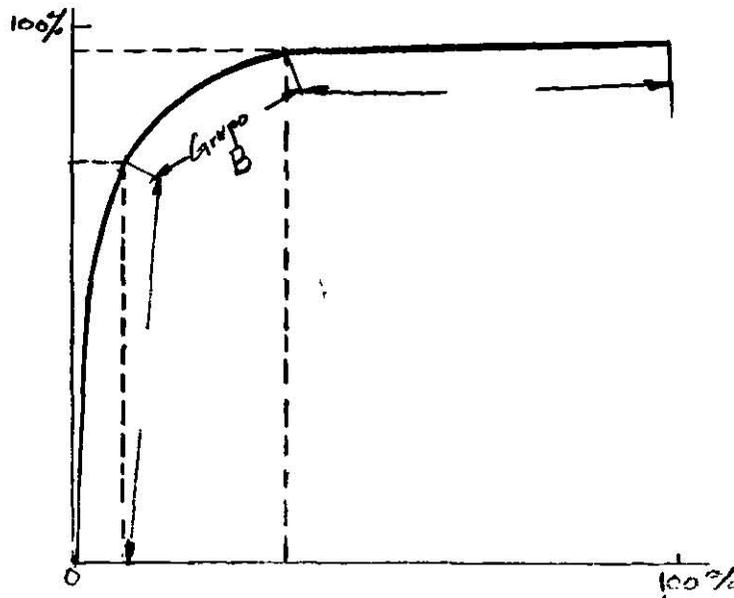
Cuando la rotación es excepcionalmente baja, también sugiere que el inventario puede ser obsoleto o bien, cuando menos, que haya existencias de poco movimiento.

## B) CONTROL SELECTIVO A. B. C.

H. Ford Dickie, de la General Electric, ideó un método para analizar inventarios (figura 6-1) que ha resultado eficaz no sólo para su compañía, sino también para las demás. Este método, ABC, se interesa en los productos sencillamente de acuerdo con su valor. En muchos inventarios puede observarse que unos pocos de los productos grupo A, representan el costo mayor mientras el grueso de los artículos, grupo B, representa una parte pequeña del costo y el C una parte muy pequeña del mismo.

Con los artículos del grupo A hay que ejercer una gran vigilancia.

Figura 6-1  
El Análisis ABC



Los artículos del grupo B se vigilan con alguna atención y se controlan con los procedimientos normales de control de existencia.

Los artículos del grupo C no están sometidos al papeleo -- acostumbrado. El material de esta categoría se pide para cierto número de meses y cuando se reciben bastantes piezas se ponen a un lado -- empacetas o separadas de algún modo para que se tomen en cuenta en el ciclo de nuevo pedido. No hay, pues, registros de los artículos C, que normalmente constituirían el grueso de los asientos en un sistema de inventario continuo. Cuando el material llega al punto de solicitar el que se puso aparte se hace un pedido. Naturalmente éste es el sistema de los dos receptáculos.

Hay que señalar un punto débil del análisis ABC: es posible que los artículos del grupo C cuesten poco, pero quizá tengan gran -- importancia para la fabricación del producto. Se puede concebir que una arandelita especial tenga tanta importancia para la fabricación -- de un producto como un costoso motor Diesel... por lo menos, la pro-- ducción podría detenerse con la misma rapidez por la falta de la de -- una por la del otro. Esto no impide el empleo del método, pero pone de manifiesto la necesidad de vigilar todos los artículos... especial -- mente los de importancia vital para la producción.<sup>3</sup> o sean los artícu -- los críticos.

#### CLASIFICACION ABC TABLA REPRESENTATIVA

	UNIDADES	VALOR CONSUMIDO O INVERSION
A	10%	70%
B	20%	20%
C	70%	10%

#### ARTICULOS

- 1      Muy críticos
- 2      Menos críticos
- 3      No críticos.

De acuerdo a la clasificación que quede para artículo será el tipo de control de inventarios aplicable.

#### C) EL LOTE ECONOMICO DE COMPRA Y PRODUCCION, VARIACIONES:

Una de las preguntas más comunes y frecuentes aún sin resol -- ver que se hace el hombre de empresas es qué cantidad de artículos -- va a ordenar comprar o fabricar en cada lote.

La determinación del tamaño del lote de compra resulta del balanceo de los siguientes factores: por un lado las ventajas que resultan de surtir a la compañía con grandes cantidades de materiales y partes y por otro lado el costo que resulta de manejar y mantener en

existencia grandes stocks de dichos materiales.

La orden de costo mínimo puede expresarse matemáticamente - así:

$$X = \sqrt{\frac{2As}{I}}$$

donde,

X = Cantidad de piezas que se obtienen en cada orden.

A = Costo de colocar u obtener una orden.

s = Cantidad de piezas que se requieren por año.

I = Costo anual de mantener en stock una pieza un año.

Se obtiene la cantidad de pedido, X, en unidades físicas -- de:

s = Consumo anual en unidades físicas.

A = Costo de colocación del pedido en pesos.

I = Costo de mantener en stock una pieza un año.

En algunos casos es más conveniente emplear otras unidades de medida. Por ejemplo, puede ser más conveniente:

1. Expresar el consumo en unidades por mes.
2. Expresar el consumo en valor en pesos.
3. Para expresar el costo de llevar el inventario como una razón de su valor.
4. Para expresar el tamaño del lote en pesos.

Es muy importante asegurarse de que las unidades empleadas en la fórmula sean consistentes. Las reglas básicas son las siguientes:

1. El lote debe estar expresado en las mismas unidades que el consumo o ambas unidades físicas, o ambas en dinero.
2. El consumo y el costo de inventario deben expresarse en las mismas unidades de tiempo y de material.

Por ejemplo, supongamos que es más conveniente expresar el consumo en unidades físicas por mes, M y el costo de inventario, I, - como el costo de mantener en stock una pieza un año, como la medida - mensual de consumo y la medida anual del costo de inventario son --

inconsistentes, entonces se debe ajustar una de ellas en la fórmula. O se expresa el consumo en consumo por año, o sea  $12M$ , o el costo de inventario se expresa en una base mensual, o sea  $1/12$ . En cualquier caso, la fórmula quedaría:

$$x = \sqrt{\frac{2A}{1} \cdot \frac{12M}{1}} = \sqrt{\frac{2AM}{12}} = \sqrt{\frac{24AM}{1}}$$

#### TABULACIONES:

Se pueden preparar tablas que nos den rápidamente el lote óptimo por ejemplo, supongamos que estamos manejando un almacén y que hemos calculado que nuestros costos de ordenar y de inventario son:

Costo de ordenar,  $A = \$7.00$  por cada orden colocada.

Costo de inventario anual = 20% ó 0.2 veces el costo unitario.

Si las cantidades por ordenar se calculan en dinero, de datos obtenidos de los consumos mensuales en dinero,  $M$ , entonces la fórmula anterior queda así:

$$\sqrt{\frac{24 \cdot \$7 \cdot M}{0.2}} = \sqrt{840M} = 28.98 \sqrt{M}$$

En los sistemas mecanizados de inventarios con tarjetas perforadas puede emplearse el equivalente de éstas tabulaciones. Cuando se emplea una computadora programada es fácil calcular el tamaño de la orden de pedido directamente por medio de la fórmula.

Libro y Autor

Ecuación de tamaño  
de lote económico

Factores para las Ecuaciones

1.  
Production Control:  
Systems and  
Decisions,  
J. H. Greene

$$Q = \sqrt{2 \text{ yc} / \text{UI}}$$

Y = demanda anual  
C = costo de preparación  
U = costo por unidad  
I = costo de acarreo  
total (por ciento  
de costo de partes  
llevadas en mercan-  
cía almacenada por  
año)

2.  
Introduction to  
Operations  
Research  
Churchman

$$q_0 = \sqrt{2 \frac{R C_s}{T C_1}}$$

R = total requerido para  
el período T  
T = período para el cual  
se esta estableciendo  
una teoría  
C<sub>s</sub> = Costo de montaje por  
carrera de producción  
C<sub>1</sub> = costo de retención  
por unidad de mercan-  
cía por unidad de  
tiempo

3.  
Planning Production,  
Inventory, and  
Work Force,  
Charles C. Holt

$$Q' = \sqrt{2 \frac{C_F S}{C_1}}$$

C<sub>F</sub> = costo de montaje para  
un lote  
C<sub>1</sub> = costo de retener una  
unidad de inventario  
una unidad de tiempo  
S = paso de ventas en  
unidades por período  
de tiempo

4.

Production  
Planning and  
Inventory Control,  
John F. Magee

$$X = \sqrt{\frac{2 A S}{i}}$$

X = cantidad que se obtendrá en cada orden

A = costo de acomodar u obtener una orden

S = uso anual en unidades

i = costo anual de retener una unidad en (mercancía almacenada) por año

La ecuación arriba se usa en el texto mientras que la que sigue aparece en el apéndice:

$$q = \sqrt{\frac{2 a d}{c}}$$

d = ventas o uso

a = costo de acomodar una orden

c = el costo anual de llevar un artículo en mercancía almacenada un año

5.

Elements of  
Production  
Planning and  
Control,  
Samuel Eilon

$$Q_m = \sqrt{\frac{S}{K}}$$

S = costo incurrido en llevar a cabo una orden

k = llevar el factor costo =

$$\frac{l + 2 B}{2 a}$$

l = costo de intercepción por pieza por unidad de tiempo

B = promedio de costo de acarreo en tiendas por unidad de tiempo

a = paso de consumo

6.  
Production  
Control: A  
Quantitative  
Approach  
John E. Biegel

$$q_0 = \sqrt{\frac{2 A s}{i}}$$

$q_0$  = la cantidad a ser comparada en un lote  
 $A$  = El costo de la orden  
 $s$  = El uso anual o la demanda  
 $c$  = El costo por unidad del producto comprado  
 $i$  = El costo anual de almacenar un artículo

7.  
IBM

$$Q = \sqrt{\frac{2 A s}{r}}$$

$Q$  = La cantidad de la orden en dólares  
 $A$  = Costo de compra en dólares  
 $S$  = venta en dólares anual.  
 $R$  = Costo de mantenimiento porcentaje por año

8.  
Modern in  
ventory  
Management,  
Prichard &  
Eagle

$$Q' = \sqrt{\frac{2 A d}{a c}}$$

$A$  = Costo por orden  
 $D$  = Demanda anual  
 $a$  = Gasto promedio por detener o sostener  
 $c$  = precio por unidad

9.  
Inventory  
Systems,  
Naddor

$$q_0 = \sqrt{2 r C_3 / C_i}$$

$r$  = cantidad de unidades  
 $C_i$  = Costos de acarreo  
 $C_3$  = costos de reemplazamiento por unidad

#### D) SISTEMA PUNTO DE REORDEN:

Cuando los retiros de inventario de un artículo cuyos registros perpetuos de inventario disminuyen a un nivel predeterminado llamado ("Punto de Reorden") una orden de reemplazo es colocada (usualmente en la cantidad precalculada del lote económico).

UN PUNTO DE REORDEN: Consiste de un estimado de demanda durante el tiempo de entrega, más la "RESERVA" de almacén para protegerse del hecho de que no haya sido pronosticada con certeza la demanda o el tiempo de entrega.

DEMANDA: Es el nombre dado al requerimiento total de un artículo en un período de tiempo dado.

TIEMPO DE ENTREGA: Es el tiempo que transcurre desde el momento que se determina que una orden de reemplazo debe ser colocada hasta que el material es recibido en el almacén listo para usarse,

Este es el período donde un artículo es más vulnerable de agotarse, ya que su inventario está en su punto más bajo.

EL SISTEMA DE PUNTO DE REORDEN: Este sistema es ilustrado en la figura 6-2 éste es el popular diagrama diente de sierra, tan frecuentemente usado en discusiones de control de inventario. En la figura 6-2 el punto "A" muestra la cantidad del artículo en inventario es adoptado como lo muestra la línea de trazo grueso inclinada hasta alcanzar el nivel predeterminado del punto de reorden. Una orden de reemplazo del lote económico es entonces colocada como lo muestra la línea de puntos. El inventario continúa su descenso durante el tiempo de entrega, al final del cual el pedido es recibido, el inventario es entonces incremental por el lote económico empezando el ciclo nuevamente. La figura muestra que en los dos primeros ciclos de reemplazo, la reserva de almacén no es tocada. En el tercer ciclo, sin embargo, la demanda promedio aumenta, como es indicado por la línea más grande. Con ésta demanda mayor, el inventario cae dentro de la reserva de almacén antes que el nuevo pedido sea recibido.

Si la demanda aumentara aún más, o el tiempo de entrega se prolongara, el inventario podría ser cero, resultando una rotura.

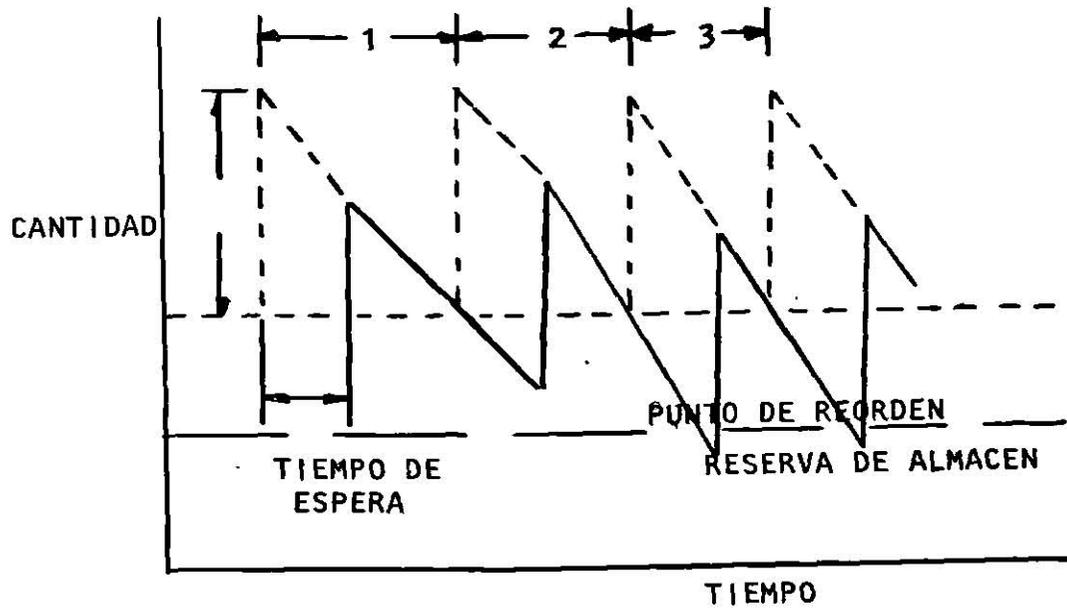


Fig. 6-2. Sistema Punto de Orden  
Cantidad de Orden fijada - Ciclo variable.

El punto de reorden es la suma de dos elementos.

**PUNTO DE REORDEN = DEMANDA ANTICIPADA DURANTE EL TIEMPO DE ENTREGA + RESERVA DE ALMACEN.**

## CAPITULO VII

### ESTADISTICA

#### CARACTERISTICAS DE UNA DISTRIBUCION DE FRECUENCIA.

Una Distribución de Frecuencia nos dá una "Vista del Pasado" de la variación en un conjunto de datos. Primero que todo, nos dice si los datos tienen alguna tendencia central o si son dispersos más o menos uniformemente sobre el rango total de variación. También nos dice donde está localizada, si hay alguna concentración.

Algunas distribuciones tienen más de un punto de concentración. Estos son llamados "Distribuciones Multimodales". Una distribución con un solo punto de concentración es llamada "Unimodal". - - Cuando el número de casos es grande, las distribuciones de datos de producción usualmente son unimodales. Cuando ocurren distribuciones multimodales, es probable que sea una indicación de que los datos no son homogéneos. Tales distribuciones surgirán si la producción total fuera hecha bajo un conjunto de condiciones y otra parte bajo otras.

Una distribución de frecuencia también nos dice acerca de la variabilidad general de los datos. Nos contesta la pregunta: Cuánta variabilidad existe?. Si una distribución es estrecha y la otra es extensa, ambas construidas en la misma escala horizontal significa que la primera tiene menos variabilidad que la segunda.

Un diagrama de una distribución puede ser variada a decisión mediante la modificación de la escala horizontal consecuentemente si una distribución muestra un poco de una gran variación debería ser juzgada con referencia a la escala misma y no por la apariencia del diagrama de la distribución.

La tercera característica de los datos revelados por una distribución de frecuencia es la simetría de su variación.

¿Es la distribución simétrica acerca su punto de tendencia central, o es inclinado demasiado a un lado.

Una distribución que tiene los más de sus casos cerca al punto de la tendencia central en la izquierda, pero muchos casos esparcidos por algunas distancias en la derecha, se le llama "Torcida Positiva". La distribución de la Tabla 1, es positivabilidad oblicua. Si la cola de la distribución se desarrolla de otra manera se llama torcida negativa. Una distribución que es simétrica no tiene torcedura.

La cuarta y última parte de la descripción dada por una distribución de frecuencia pertenece a la concentración relativa de casos en el centro y a lo largo de las colas de la distribución es llamada "Kurtosis". Si una distribución tiene relativamente concentración alta en el medio y fuera de las colas, pero relativamente poca entre la misma, tiene Kurtosis grande. Si relativamente es plana en el medio y tiene colas delgadas, tienen Kurtosis chica.

Las características varias de una distribución de frecuencia se ilustran en las figuras siguientes:

Fig. 1. Ilustración de Corrimientos (Skewness)

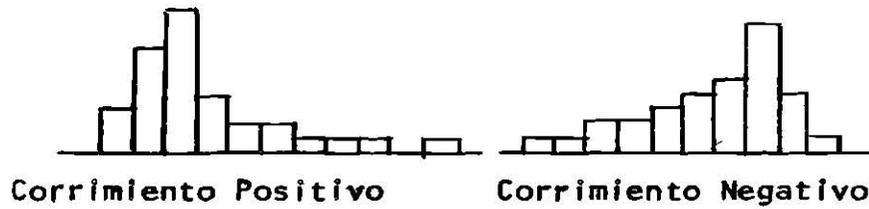


Fig. 2. Ilustración de Aplastamiento (Kurtosis)

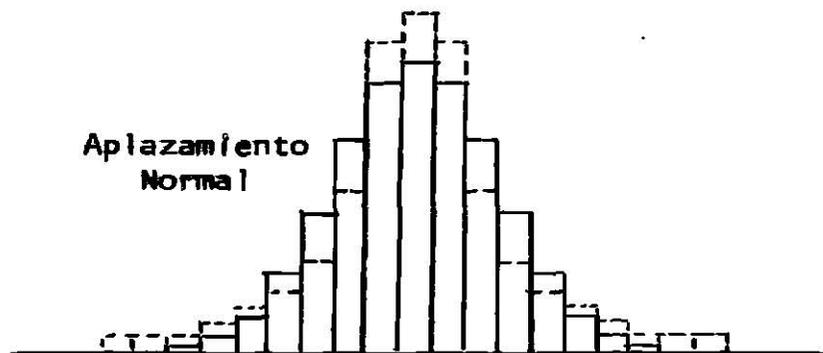


Fig. 3. Ilustraciones de Tendencia Central

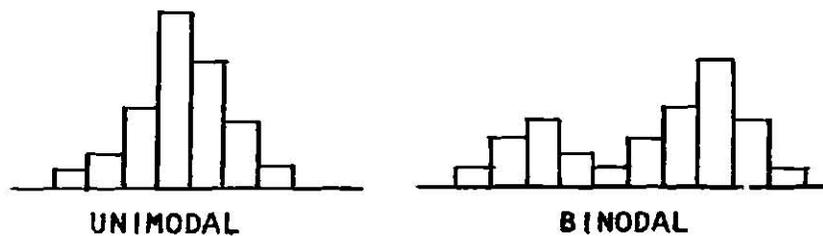
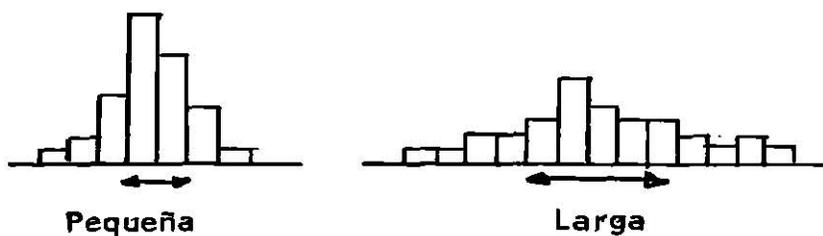


Fig. 4. Ilustraciones de Variabilidad



## LA DISTRIBUCION NORMAL:

Una de las más importantes de todas las fórmulas de distribución es la así llamada "Normal" o Distribución GAUSSIAN.

Esta tiene la forma:

$$y = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x - \bar{x})^2}{2\sigma^2}}$$

donde,

$\bar{x}$  Es el significado de la distribución

$\sigma$  Es la desviación estándar.

$e = 2.718.$

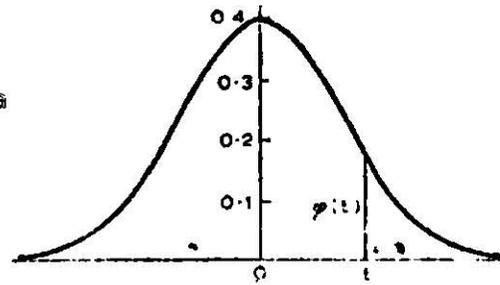
La fórmula normal usualmente es usada como una fórmula de -- distribución continua, aunque puede ser empleada para mejor probabilidades o frecuencias relativas de una variable discreta. Se escribe -- en forma no-cumulativa.

Desafortunadamente la forma cumulativa correspondiente no -- puede ser derivada matemáticamente. Tablas extensas de la función cumulativa han sido computadas, sin embargo, y son usualmente tituladas "Tablas de Areas bajo la Curva Normal".

Tal como una tabla es reproducida en la Tabla. Esto nos dá el área bajo la curva normal no cumulativa de a cualquier valor dado -- de la variable. En otras palabras proporcionará la probabilidad de -- una X menos que, o igual, a cualquier.

Tabla  
Distribución Normal

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}}$$



t	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
.0	.3989	.3989	.3989	.3988	.3986	.3984	.3982	.3980	.3977	.3973
.1	.3970	.3965	.3961	.3956	.3951	.3945	.3939	.3932	.3925	.3918
.2	.3910	.3902	.3894	.3885	.3876	.3867	.3857	.3847	.3836	.3825
.3	.3814	.3802	.3790	.3778	.3765	.3752	.3739	.3725	.3712	.3697
.4	.3683	.3668	.3653	.3637	.3621	.3605	.3589	.3572	.3555	.3538
.5	.3521	.3503	.3485	.3467	.3448	.3429	.3410	.3391	.3372	.3352
.6	.3332	.3312	.3292	.3271	.3251	.3230	.3209	.3187	.3166	.3144
.7	.3123	.3101	.3079	.3056	.3034	.3011	.2989	.2966	.2943	.2920
.8	.2897	.2874	.2850	.2827	.2803	.2780	.2756	.2732	.2709	.2685
.9	.2661	.2637	.2613	.2589	.2565	.2541	.2516	.2492	.2468	.2444
1.0	.2420	.2396	.2371	.2347	.2323	.2299	.2275	.2251	.2227	.2203
1.1	.2179	.2155	.2131	.2107	.2083	.2059	.2036	.2012	.1989	.1965
1.2	.1942	.1919	.1895	.1872	.1849	.1826	.1804	.1781	.1758	.1736
1.3	.1714	.1691	.1669	.1647	.1626	.1604	.1582	.1561	.1539	.1518
1.4	.1497	.1476	.1456	.1435	.1415	.1394	.1374	.1354	.1334	.1315
1.5	.1295	.1276	.1257	.1238	.1219	.1200	.1182	.1163	.1145	.1127
1.6	.1109	.1092	.1074	.1057	.1040	.1023	.1006	.0989	.0972	.0956
1.7	.0940	.0924	.0908	.0893	.0878	.0862	.0847	.0832	.0818	.0803
1.8	.0789	.0774	.0760	.0747	.0734	.0720	.0707	.0694	.0681	.0668
1.9	.0656	.0643	.0631	.0619	.0607	.0595	.0584	.0573	.0561	.0550
2.0	.0539	.0529	.0519	.0508	.0498	.0487	.0478	.0468	.0458	.0449
2.1	.0439	.0430	.0421	.0412	.0404	.0395	.0387	.0378	.0370	.0362
2.2	.0354	.0347	.0339	.0331	.0324	.0317	.0310	.0303	.0296	.0289
2.3	.0283	.0276	.0270	.0264	.0258	.0252	.0246	.0240	.0234	.0229
2.4	.0223	.0218	.0213	.0208	.0203	.0198	.0193	.0188	.0184	.0179
2.5	.0175	.0170	.0166	.0162	.0158	.0154	.0150	.0146	.0143	.0139
2.6	.0135	.0132	.0128	.0125	.0122	.0119	.0116	.0113	.0110	.0107
2.7	.0104	.0101	.0098	.0096	.0093	.0090	.0088	.0085	.0083	.0081
2.8	.0079	.0077	.0075	.0073	.0071	.0069	.0067	.0065	.0063	.0062
2.9	.0060	.0058	.0056	.0054	.0052	.0051	.0049	.0047	.0045	.0044
3.0	.0043	.0041	.0040	.0038	.0037	.0036	.0034	.0033	.0032	.0031
3.1	.0030	.0029	.0028	.0027	.0026	.0025	.0024	.0023	.0022	.0021
3.2	.0020	.0019	.0018	.0017	.0016	.0015	.0014	.0013	.0012	.0011
3.3	.0011	.0010	.0009	.0008	.0007	.0006	.0005	.0004	.0003	.0002
3.4	.0002	.0001	.0001	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
3.5	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
4.0	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
4.5	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
4.9	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000

Ejemplo:  $\Phi(1.02) = 0.2371$ ;  $\Phi(-3.00) = \Phi(3.00) = 0.004432$ .

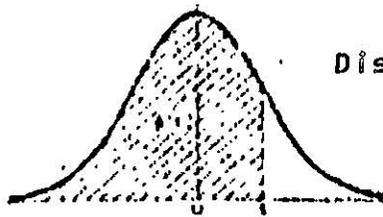


Tabla 2  
Distribucion Normal  
Acumulativa

$$\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z e^{-t^2/2} dt$$

z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	.50000	.50399	.50798	.51197	.51595	.51994	.52392	.52790	.53188	.53586
0.1	.53983	.54380	.54776	.55172	.55567	.55962	.56356	.56749	.57142	.57535
0.2	.57926	.58317	.58706	.59095	.59483	.59871	.60257	.60642	.61026	.61409
0.3	.61791	.62172	.62552	.62930	.63307	.63683	.64058	.64431	.64803	.65174
0.4	.65554	.65910	.66276	.66640	.67003	.67364	.67724	.68082	.68439	.68793
0.5	.69146	.69497	.69847	.70194	.70540	.70884	.71226	.71566	.71904	.72240
0.6	.72575	.72907	.73237	.73565	.73891	.74215	.74537	.74857	.75175	.75490
0.7	.75804	.76115	.76424	.76730	.77033	.77333	.77631	.77925	.78216	.78504
0.8	.78814	.79103	.79399	.79693	.79985	.80274	.80561	.80847	.81130	.81411
0.9	.81691	.81969	.82244	.82518	.82790	.83060	.83328	.83594	.83858	.84120
1.0	.84380	.84637	.84891	.85142	.85391	.85637	.85881	.86122	.86361	.86598
1.1	.86833	.87065	.87295	.87522	.87747	.87970	.88190	.88408	.88623	.88836
1.2	.89046	.89253	.89458	.89660	.89860	.89957	.90152	.90345	.90536	.90725
1.3	.90912	.91099	.91283	.91464	.91643	.91819	.91993	.92165	.92335	.92503
1.4	.92669	.92833	.92995	.93155	.93313	.93469	.93623	.93775	.93925	.94073
1.5	.94219	.94364	.94507	.94648	.94787	.94924	.95059	.95192	.95323	.95453
1.6	.95581	.95708	.95833	.95957	.96079	.96199	.96317	.96433	.96548	.96661
1.7	.96772	.96881	.96989	.97095	.97199	.97301	.97401	.97500	.97597	.97692
1.8	.97785	.97876	.97965	.98052	.98137	.98220	.98301	.98381	.98458	.98534
1.9	.98608	.98681	.98752	.98821	.98888	.98953	.99016	.99077	.99137	.99195
2.0	.99251	.99308	.99363	.99416	.99467	.99517	.99565	.99611	.99657	.99701
2.1	.99744	.99785	.99824	.99861	.99896	.99929	.99960	.99989	.99995	.99999
2.2	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999
2.3	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999
2.4	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999
2.5	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999
2.6	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999
2.7	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999
2.8	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999
2.9	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999
3.0	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999
3.1	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999
3.2	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999
3.3	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999
3.4	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999
3.5	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999
3.6	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999
3.7	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999
3.8	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999
3.9	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999
4.0	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999
4.1	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999
4.2	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999
4.3	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999
4.4	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999
4.5	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999
4.9	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999
5.0	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999

Examples:  $\Phi(1.02) = 0.84614$ ;  $\Phi(-3.00) = 1 - \Phi(3.00) = 1 - 0.99865 = 0.00135$ .

TABLA 3A  
PORCENTAJES DE LA  
DISTRIBUCION NORMAL

P	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
0	.000	.003	.005	.008	.010	.013	.015	.018	.020	.023
1	.025	.028	.030	.033	.035	.038	.040	.043	.045	.048
2	.050	.053	.055	.058	.060	.063	.065	.068	.070	.073
3	.075	.078	.080	.083	.085	.088	.090	.093	.095	.098
4	.100	.103	.105	.108	.111	.113	.116	.118	.121	.123
5	.126	.128	.131	.133	.136	.138	.141	.143	.146	.148
6	.151	.154	.156	.159	.161	.164	.166	.169	.171	.174
7	.176	.179	.181	.184	.187	.189	.192	.194	.197	.199
8	.202	.204	.207	.210	.212	.215	.217	.220	.222	.225
9	.228	.230	.233	.235	.238	.240	.243	.246	.248	.251
10	.253	.256	.259	.261	.264	.266	.269	.272	.274	.277
11	.279	.282	.285	.287	.290	.292	.295	.298	.300	.303
12	.305	.308	.311	.313	.316	.319	.321	.324	.327	.329
13	.332	.335	.337	.340	.342	.345	.348	.350	.353	.356
14	.358	.361	.364	.366	.369	.372	.375	.377	.380	.383
15	.385	.388	.391	.393	.396	.399	.402	.404	.407	.410
16	.412	.415	.418	.421	.423	.426	.429	.432	.434	.437
17	.440	.443	.445	.448	.451	.454	.457	.459	.462	.465
18	.468	.470	.473	.476	.479	.482	.485	.487	.490	.493
19	.496	.499	.502	.504	.507	.510	.513	.516	.519	.522
20	.524	.527	.530	.533	.536	.539	.542	.545	.548	.550
21	.553	.556	.559	.562	.565	.568	.571	.574	.577	.580
22	.583	.586	.589	.592	.595	.598	.601	.604	.607	.610
23	.613	.616	.619	.622	.625	.628	.631	.634	.637	.640
24	.643	.646	.650	.653	.656	.659	.662	.665	.668	.671
25	.674	.678	.681	.684	.687	.690	.693	.697	.700	.703
26	.706	.710	.713	.716	.719	.722	.726	.729	.732	.736
27	.739	.742	.745	.749	.752	.755	.759	.762	.765	.769
28	.772	.776	.779	.782	.786	.789	.793	.796	.800	.803
29	.806	.810	.813	.817	.820	.824	.827	.831	.834	.838
30	.842	.845	.849	.852	.856	.860	.863	.867	.871	.874
31	.878	.882	.885	.889	.893	.896	.900	.904	.908	.912
32	.915	.919	.923	.927	.931	.935	.938	.942	.946	.950
33	.954	.958	.962	.966	.970	.974	.978	.982	.986	.990
34	.994	.999	1.003	1.007	1.011	1.015	1.019	1.024	1.028	1.032
35	1.036	1.041	1.045	1.049	1.054	1.058	1.063	1.067	1.071	1.076
36	1.080	1.085	1.089	1.094	1.098	1.103	1.108	1.112	1.117	1.122
37	1.126	1.131	1.136	1.141	1.146	1.150	1.155	1.160	1.165	1.170
38	1.175	1.180	1.185	1.190	1.195	1.200	1.206	1.211	1.216	1.221
39	1.227	1.232	1.237	1.243	1.248	1.254	1.259	1.265	1.270	1.276
40	1.282	1.287	1.293	1.299	1.305	1.311	1.317	1.323	1.329	1.335
41	1.341	1.347	1.353	1.359	1.366	1.372	1.379	1.385	1.392	1.398
42	1.405	1.412	1.419	1.426	1.433	1.440	1.447	1.454	1.461	1.468
43	1.476	1.483	1.491	1.499	1.506	1.514	1.522	1.530	1.538	1.546
44	1.555	1.563	1.572	1.580	1.589	1.598	1.607	1.616	1.626	1.635
45	1.645	1.655	1.665	1.675	1.685	1.695	1.706	1.717	1.728	1.739
46	1.751	1.762	1.774	1.787	1.799	1.812	1.825	1.838	1.852	1.866
47	1.881	1.896	1.911	1.927	1.943	1.960	1.977	1.995	2.014	2.034
48	2.054	2.075	2.097	2.120	2.144	2.170	2.197	2.226	2.257	2.290
49	2.326	2.366	2.409	2.457	2.512	2.576	2.652	2.748	2.878	3.090

Example. For  $P = 15.6\%$ ,  $t = 0.622$ .

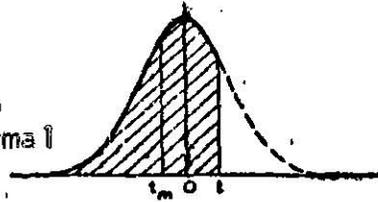
TABLE III

## Valores en porcentaje de la distribución normal

P	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
48.0	2.054	2.056	2.058	2.060	2.061	2.064	2.065	2.068	2.071	2.073
48.1	2.075	2.077	2.079	2.081	2.084	2.086	2.088	2.090	2.092	2.095
48.2	2.097	2.099	2.101	2.103	2.106	2.108	2.111	2.113	2.115	2.118
48.3	2.120	2.122	2.125	2.127	2.130	2.132	2.135	2.137	2.139	2.142
48.4	2.144	2.147	2.149	2.152	2.155	2.157	2.160	2.162	2.165	2.167
48.5	2.170	2.173	2.175	2.178	2.181	2.183	2.186	2.189	2.192	2.194
48.6	2.197	2.200	2.203	2.206	2.209	2.212	2.214	2.217	2.220	2.223
48.7	2.226	2.229	2.232	2.235	2.238	2.241	2.245	2.248	2.251	2.254
48.8	2.257	2.260	2.264	2.267	2.270	2.273	2.277	2.280	2.284	2.287
48.9	2.290	2.294	2.297	2.301	2.304	2.308	2.312	2.315	2.319	2.321
49.0	2.326	2.330	2.334	2.338	2.342	2.346	2.349	2.353	2.357	2.362
49.1	2.366	2.370	2.374	2.378	2.382	2.387	2.391	2.395	2.400	2.404
49.2	2.409	2.414	2.418	2.423	2.428	2.432	2.437	2.442	2.447	2.452
49.3	2.457	2.462	2.468	2.473	2.478	2.484	2.489	2.495	2.501	2.506
49.4	2.512	2.518	2.524	2.530	2.536	2.543	2.549	2.556	2.562	2.569
49.5	2.576	2.583	2.590	2.597	2.605	2.612	2.620	2.628	2.636	2.644
49.6	2.652	2.661	2.669	2.678	2.687	2.697	2.706	2.716	2.727	2.737
49.7	2.748	2.759	2.770	2.782	2.794	2.807	2.820	2.834	2.848	2.863
49.8	2.878	2.894	2.911	2.929	2.948	2.968	2.989	3.011	3.036	3.062
49.9	3.090	3.120	3.156	3.195	3.239	3.291	3.353	3.432	3.540	3.719

Example: For  $P=48.54\%$ ,  $t=2.181$

Tabla 4  
Tiempo promedio del punto  
máximo de la distribución normal



$z$	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
-0	-.798	-.804	-.811	-.817	-.823	-.830	-.836	-.843	-.850	-.856
-1	-.863	-.869	-.876	-.882	-.889	-.896	-.903	-.909	-.916	-.923
-2	-.929	-.936	-.943	-.950	-.957	-.964	-.971	-.977	-.984	-.991
-3	-.998	-1.005	-1.012	-1.019	-1.026	-1.033	-1.040	-1.047	-1.055	-1.062
-4	-1.069	-1.076	-1.083	-1.090	-1.097	-1.105	-1.112	-1.119	-1.126	-1.134
-5	-1.141	-1.148	-1.156	-1.163	-1.170	-1.178	-1.185	-1.193	-1.200	-1.207
-6	-1.215	-1.223	-1.230	-1.237	-1.245	-1.253	-1.260	-1.268	-1.275	-1.283
-7	-1.291	-1.298	-1.306	-1.313	-1.321	-1.329	-1.337	-1.344	-1.352	-1.360
-8	-1.367	-1.375	-1.383	-1.391	-1.398	-1.406	-1.414	-1.422	-1.430	-1.438
-9	-1.446	-1.454	-1.461	-1.469	-1.477	-1.485	-1.493	-1.501	-1.509	-1.517
-1.0	-1.525	-1.533	-1.541	-1.549	-1.557	-1.565	-1.574	-1.582	-1.590	-1.598
-1.1	-1.606	-1.614	-1.622	-1.630	-1.638	-1.646	-1.655	-1.663	-1.671	-1.679
-1.2	-1.688	-1.696	-1.704	-1.712	-1.720	-1.728	-1.737	-1.745	-1.753	-1.762
-1.3	-1.771	-1.778	-1.787	-1.795	-1.804	-1.812	-1.820	-1.829	-1.837	-1.845
-1.4	-1.854	-1.862	-1.871	-1.879	-1.888	-1.896	-1.905	-1.913	-1.921	-1.931
-1.5	-1.938	-1.947	-1.956	-1.965	-1.973	-1.981	-1.991	-1.998	-2.007	-2.015
-1.6	-2.024	-2.034	-2.041	-2.050	-2.059	-2.068	-2.076	-2.084	-2.093	-2.102
-1.7	-2.110	-2.119	-2.128	-2.136	-2.145	-2.154	-2.163	-2.171	-2.180	-2.188
-1.8	-2.197	-2.206	-2.215	-2.224	-2.233	-2.241	-2.250	-2.259	-2.268	-2.276
-1.9	-2.285	-2.294	-2.303	-2.312	-2.320	-2.329	-2.338	-2.346	-2.356	-2.364
-2.0	-2.373	-2.382	-2.391	-2.399	-2.408	-2.418	-2.426	-2.435	-2.445	-2.453
-2.1	-2.462	-2.471	-2.481	-2.488	-2.498	-2.506	-2.515	-2.525	-2.533	-2.543
-2.2	-2.552	-2.561	-2.569	-2.579	-2.586	-2.597	-2.605	-2.616	-2.624	-2.632
-2.3	-2.643	-2.651	-2.660	-2.669	-2.678	-2.687	-2.696	-2.705	-2.714	-2.723
-2.4	-2.731	-2.740	-2.750	-2.759	-2.768	-2.778	-2.787	-2.795	-2.804	-2.814
-2.5	-2.823	-2.831	-2.841	-2.849	-2.859	-2.869	-2.877	-2.887	-2.897	-2.905
-2.6	-2.914	-2.922	-2.932	-2.942	-2.951	-2.959	-2.969	-2.979	-2.988	-2.997
-2.7	-3.005	-3.014	-3.024	-3.033	-3.043	-3.052	-3.061	-3.070	-3.079	-3.089
-2.8	-3.098	-3.107	-3.116	-3.126	-3.134	-3.144	-3.153	-3.163	-3.173	-3.181
-2.9	-3.190	-3.200	-3.209	-3.218	-3.227	-3.237	-3.246	-3.255	-3.265	-3.274
-3.0	-3.283	-3.293	-3.301	-3.311	-3.320	-3.330	-3.338	-3.350	-3.357	-3.367
-3.1	-3.376	-3.386	-3.395	-3.404	-3.414	-3.422	-3.432	-3.441	-3.451	-3.459
-3.2	-3.470	-3.479	-3.488	-3.498	-3.507	-3.516	-3.525	-3.535	-3.545	-3.554
-3.3	-3.564	-3.573	-3.581	-3.593	-3.600	-3.610	-3.621	-3.630	-3.640	-3.648
-3.4	-3.657	-3.667	-3.676	-3.685	-3.695	-3.703	-3.713	-3.724	-3.733	-3.742
-3.5	-3.752	-3.760	-3.770	-3.779	-3.789	-3.799	-3.809	-3.817	-3.827	-3.837
-3.6	-3.846	-3.855	-3.865	-3.874	-3.884	-3.894	-3.902	-3.911	-3.921	-3.932
-3.7	-3.941	-3.951	-3.959	-3.969	-3.979	-3.988	-3.997	-4.008	-4.016	-4.025
-3.8	-4.035	-4.044	-4.054	-4.064	-4.073	-4.082	-4.092	-4.101	-4.111	-4.120
-3.9	-4.131	-4.139	-4.150	-4.158	-4.168	-4.179	-4.187	-4.196	-4.205	-4.216
-4.0	-4.225	-4.236	-4.244	-4.252	-4.265	-4.272	-4.283	-4.292	-4.302	-4.311
-4.1	-4.320	-4.331	-4.341	-4.350	-4.358	-4.370	-4.379	-4.388	-4.396	-4.407
-4.2	-4.415	-4.426	-4.434	-4.447	-4.454	-4.464	-4.475	-4.483	-4.493	-4.503
-4.3	-4.513	-4.522	-4.531	-4.542	-4.551	-4.560	-4.570	-4.580	-4.589	-4.598
-4.4	-4.607	-4.618	-4.628	-4.637	-4.647	-4.655	-4.666	-4.677	-4.686	-4.695
-4.5	-4.705	-4.715	-4.725	-4.734	-4.742	-4.754	-4.762	-4.772	-4.783	-4.792
-4.6	-4.801	-4.811	-4.819	-4.830	-4.839	-4.848	-4.858	-4.868	-4.879	-4.887
-4.7	-4.896	-4.905	-4.915	-4.924	-4.934	-4.946	-4.955	-4.965	-4.974	-4.984
-4.8	-4.993	-5.002	-5.011	-5.021	-5.032	-5.041	-5.052	-5.061	-5.072	-5.079
-4.9	-5.090	-5.099	-5.110	-5.120	-5.128	-5.139	-5.146	-5.158	-5.168	-5.177

Tabla 4  
Continuación

t	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
.0	-.798	-.791	-.785	-.779	-.773	-.766	-.760	-.754	-.748	-.741
.1	-.735	-.729	-.723	-.717	-.711	-.705	-.699	-.693	-.687	-.681
.2	-.675	-.669	-.663	-.657	-.652	-.646	-.640	-.634	-.629	-.623
.3	-.617	-.612	-.606	-.600	-.595	-.589	-.584	-.578	-.573	-.567
.4	-.562	-.557	-.551	-.546	-.540	-.535	-.530	-.525	-.519	-.514
.5	-.509	-.504	-.499	-.494	-.489	-.484	-.479	-.474	-.469	-.464
.6	-.459	-.454	-.449	-.445	-.440	-.435	-.431	-.426	-.421	-.416
.7	-.412	-.407	-.403	-.398	-.394	-.389	-.385	-.381	-.376	-.372
.8	-.368	-.363	-.359	-.355	-.351	-.346	-.342	-.338	-.334	-.330
.9	-.326	-.322	-.318	-.314	-.310	-.307	-.303	-.299	-.295	-.291
1.0	-.288	-.284	-.280	-.277	-.273	-.269	-.266	-.262	-.259	-.256
1.1	-.252	-.249	-.245	-.242	-.239	-.235	-.232	-.229	-.226	-.223
1.2	-.219	-.216	-.213	-.210	-.207	-.204	-.201	-.198	-.195	-.193
1.3	-.190	-.187	-.184	-.181	-.179	-.176	-.173	-.171	-.168	-.166
1.4	-.163	-.160	-.158	-.155	-.153	-.150	-.148	-.146	-.143	-.141
1.5	-.139	-.137	-.134	-.132	-.130	-.128	-.126	-.123	-.121	-.119
1.6	-.117	-.115	-.113	-.111	-.110	-.108	-.106	-.104	-.102	-.100
1.7	-.098	-.097	-.095	-.093	-.092	-.090	-.088	-.087	-.085	-.083
1.8	-.082	-.080	-.079	-.077	-.076	-.074	-.073	-.072	-.070	-.069
1.9	-.068	-.066	-.065	-.064	-.062	-.061	-.060	-.059	-.058	-.056
2.0	-.055	-.054	-.053	-.052	-.051	-.050	-.049	-.048	-.047	-.046
2.1	-.045	-.044	-.043	-.042	-.041	-.040	-.039	-.038	-.038	-.037
2.2	-.036	-.035	-.034	-.034	-.033	-.032	-.031	-.031	-.030	-.029
2.3	-.029	-.028	-.027	-.027	-.026	-.025	-.025	-.024	-.024	-.023
2.4	-.023	-.022	-.022	-.021	-.020	-.020	-.020	-.019	-.019	-.018
2.5	-.018	-.017	-.017	-.016	-.016	-.016	-.015	-.015	-.014	-.014
2.6	-.014	-.013	-.013	-.013	-.012	-.012	-.012	-.011	-.011	-.011
2.7	-.010	-.010	-.010	-.010	-.009	-.009	-.009	-.009	-.008	-.008
2.8	-.008	-.008	-.008	-.007	-.007	-.007	-.007	-.007	-.006	-.006
2.9	-.006	-.006	-.006	-.005	-.005	-.005	-.005	-.005	-.005	-.005
3.0	-.004	-.004	-.004	-.004	-.004	-.004	-.004	-.004	-.003	-.003
3.1	-.003	-.003	-.003	-.003	-.003	-.003	-.003	-.003	-.003	-.002
3.2	-.002	-.002	-.002	-.002	-.002	-.002	-.002	-.002	-.002	-.002
3.3	-.002	-.002	-.002	-.002	-.002	-.001	-.001	-.001	-.001	-.001
3.4	-.001	-.001	-.001	-.001	-.001	-.001	-.001	-.001	-.001	-.001
3.5	-.001	-.001	-.001	-.001	-.001	-.001	-.001	-.001	-.001	-.001
3.6	-.001	-.001	-.001	-.001	-.001	-.001	.000	.000	.000	.000

Example: for  $t = 1.05$ ,  $t_m = -0.269$ .

## LA DISTRIBUCION BINOMIAL.

La Figura (7-2) nos muestra un diagrama de distribución binomial para la cual

$$P' = 0.2$$

$$N = 10;$$

Si escribimos  $P = c/n$ , entonces el significado de cualquier distribución binomial cuando  $P$  es tomada como la variable es

$$P' = \frac{P(1-P')}{N}$$

Estas son fórmulas importantes que se usan en un muestreo de aceptación y análisis de cuadro-control.

Si experimentamos con varios valores de  $P'$ , encontraremos lo siguiente:

- 1) Si  $P' = 0.5$  La distribución binomial es simétrica en derredor de su significado. Fig. 5.
- 2) Si  $P' < 0.5$  el extremo (cola) derecho de la distribución es más larga que el izquierdo y la distribución es torcida a la derecha o positiva. Fig. 6.
- 3) Si  $P' > 0.5$  el extremo izquierdo de la distribución es más largo que el derecho y la distribución es torcida a la izquierda o negativa. Fig. 7.
- 4) La desviación estándar de la distribución binomial tiene su valor máximo cuando  $P' = 0.5$ .

La fórmula para la distribución binomial, viz,

$$P \frac{\binom{C}{N}}{\binom{N}{N}} = \frac{N!}{C! (N-C)!} P'^C \times (1-P')^{N-C}$$

en la cual  $P(C/N)$  consiste (o permanece) para una probabilidad de  $c$  fuera de  $N$ ,  $P'$  y  $N$  son constantes especiales o paramétricas, y  $c/n$  es una variable que toma en los valores  $0/N, 1/N, 2/N, \dots, N/N$ . Los términos  $N$ ,  $c$  y  $(N-c)$ , son factoriales y se refieren a los productos de los totales de  $N$  a 1,  $c$  a 1 y  $N-c$  a 1.

Para medio de ilustración  $P(c/n)$  debe ser la probabilidad - de artículos defectivos  $c$  en una muestra de tamaño  $N$  cuando el muestreo de un universo el cual es fracción de  $P'$  defectiva.

Fig. 16 DISTRIBUCION BINOMIAL PARA  $N=10$  y  $P' = .20$

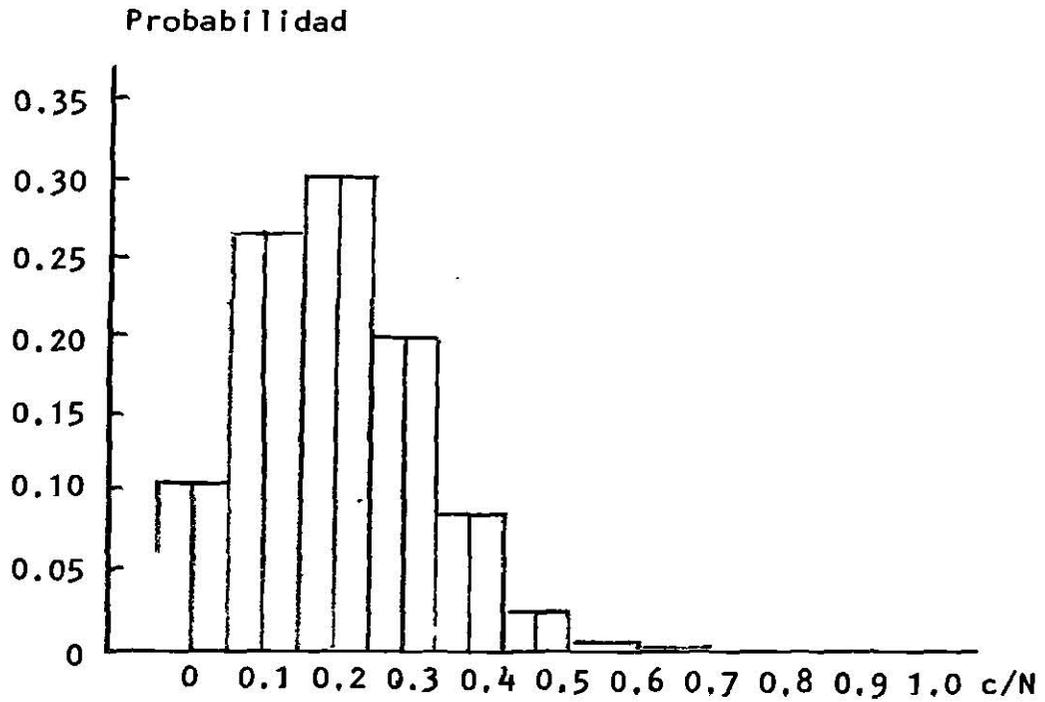


Tabla 7  
Distribución Binomial Acumulativa

		n=1									
		p=.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09	.10
x=0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
1	.0100	.0200	.0300	.0400	.0500	.0600	.0700	.0800	.0900	.1000	
x=0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	
1	.1100	.1200	.1300	.1400	.1500	.1600	.1700	.1800	.1900	.2000	
x=0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	
1	.2100	.2200	.2300	.2400	.2500	.2600	.2700	.2800	.2900	.3000	
x=0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	
1	.3100	.3200	.3300	.3400	.3500	.3600	.3700	.3800	.3900	.4000	
x=0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	
1	.4100	.4200	.4300	.4400	.4500	.4600	.4700	.4800	.4900	.5000	
		n=2									
		p=.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09	.10
x=0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
1	.0199	.0396	.0591	.0784	.0975	.1164	.1351	.1536	.1719	.1900	
2	.0001	.0004	.0009	.0016	.0025	.0036	.0049	.0064	.0081	.0100	
x=0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	
1	.2079	.2256	.2431	.2604	.2775	.2944	.3111	.3276	.3439	.3600	
2	.0121	.0144	.0169	.0196	.0225	.0256	.0289	.0324	.0361	.0400	
x=0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	
1	.3759	.3916	.4071	.4224	.4375	.4524	.4671	.4816	.4959	.5100	
2	.0441	.0484	.0529	.0576	.0625	.0676	.0729	.0784	.0841	.0900	
x=0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	
1	.5239	.5376	.5511	.5644	.5775	.5904	.6031	.6156	.6279	.6400	
2	.0961	.1024	.1089	.1156	.1225	.1296	.1369	.1444	.1521	.1600	
x=0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	
1	.6519	.6636	.6751	.6864	.6975	.7084	.7191	.7296	.7399	.7500	
2	.1681	.1764	.1849	.1936	.2025	.2116	.2209	.2304	.2401	.2500	
		n=3									
		p=.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09	.10
x=0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
1	.0297	.0588	.0873	.1153	.1426	.1694	.1956	.2213	.2464	.2710	
2	.0003	.0012	.0026	.0047	.0073	.0104	.0140	.0182	.0228	.0280	
3			.0001	.0001	.0001	.0002	.0003	.0005	.0007	.0010	

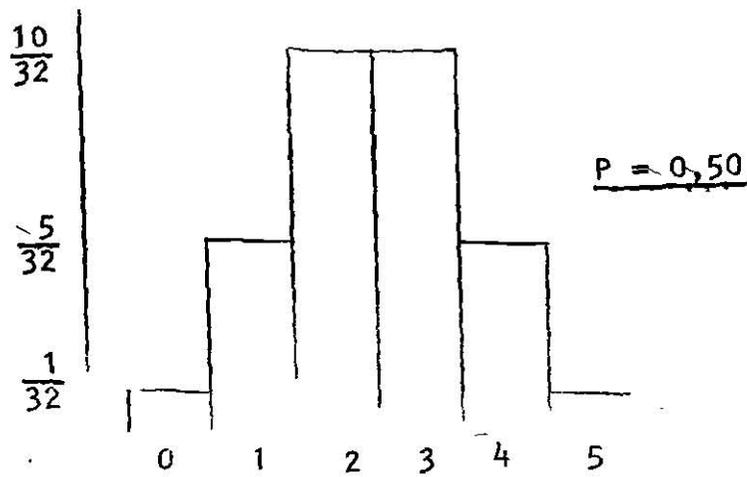
$b(x; 5, 0.50)$ 


Figura 5  
Distribución Binomial Simétrica

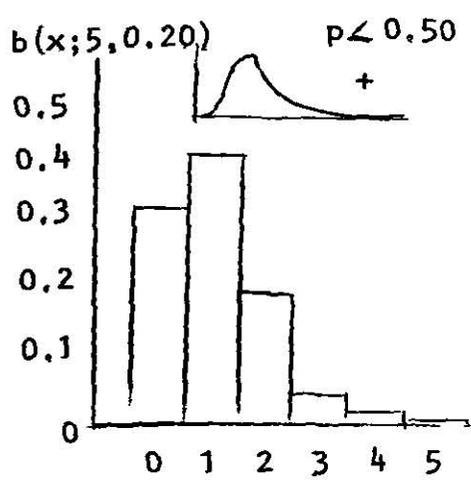


Fig. 6 Corrimiento Positivo

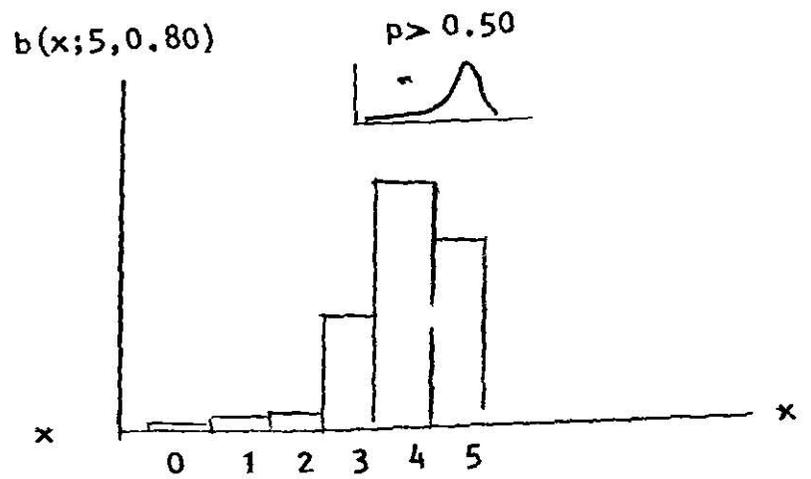


Fig. 7 Corrimiento Negativo

## DISTRIBUCION PISSON:

La Distribución Poisson (Fig. 7-1) puede ser derivada como el límite de la Distribución Binomial cuando P es pequeña y N es muy grande.

Cuando la probabilidad de suceso es una simple prueba aproximada a 0 y el número de pruebas parece infinito, la distribución es:

$$P(X:\lambda) = e^{-\lambda} \frac{\lambda^x}{x!}$$

Tabla 8

donde P (X:λ) es la probabilidad de tener X suceso. La X y la variación de esta distribución son cada una igual al parámetro.

La función de la distribución acumulativa Poisson es dado -- por

$$P(X:\lambda) = e^{-\lambda} \sum_{c=x}^{\infty} \frac{\lambda^i}{i!}$$

Tabla 9

$$\text{donde } P(0,\lambda) = \sum_{x=0}^{\infty} P(X:\lambda) = 1$$

Ambas, la Distribución Binomial y la Poisson son de capital importancia en la teoría del muestreo. La Distribución Poisson puede ser usada para aproximar la Distribución Binomial.

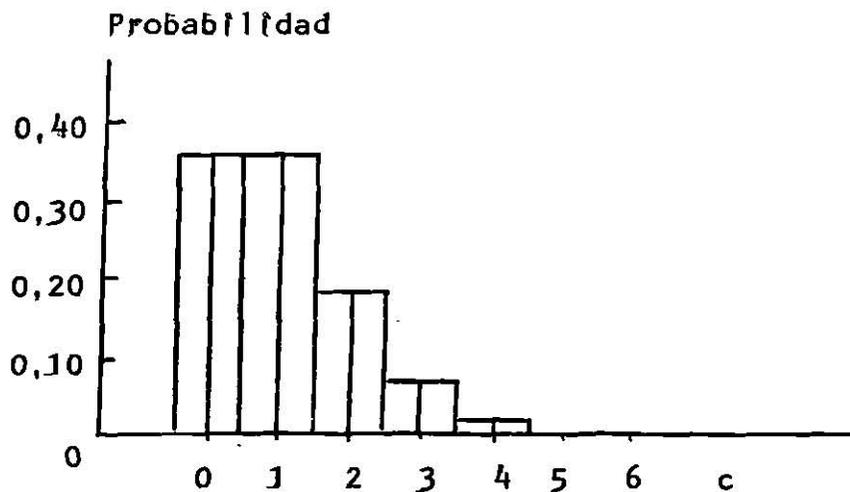


Fig. 7-1





## CAPITULO VIII

### MUESTREO ESTADISTICO

El muestreo estadístico para determinar las características de una gran cantidad de información es cosa de todos los días. En la sala de cine la localidad siempre exhiben unos cortos para anticipar lo que será el siguiente programa, con la intención de hacernos volver.

Cuando hojeamos las revistas antes de comprar aplicamos --- otro procedimiento antes de tomar una decisión.

El Industrial también hace muestreos conciente o inconcientemente para que le ayuden en sus decisiones. Por ejemplo, un fabricante de sombreros se preocupa por un nuevo renglón para muchachos de determinada edad. Cuántos tendrán que hacer de cada talla?. Recordando la escuela vecina, pide permiso para medir la cabeza de cada muchacho de la edad que le interesa. Pronto lo hace y registra la talla en una gráfica de frecuencia, Fig. 8-1a,

Trazando un esquema de la frecuencia en el papel cuadrícula para cada talla de abeza de la muestra, le dá una distribución algo parecido a la del diagrama de la figura 81b. Este diagrama escalonado se llama histograma. El grupo de muchachos observado es la muestra, y el mercado potencial de muchachos que comprarían el sombrero es la población. Con el Histograma podríamos predecir la distribución de la población. Fig. 8-1c,

A medida que el tamaño de la muestra crece es de esperar -- que la distribución de esta se vaya pareciendo cada vez más a la de la población. El caso es predecir las características de la población con lo que nos enseña la muestra. Es evidente que de esta puede deducirse la diferencia de estadística. La muestra debe una muestra de probabilidad si ha de aplicarse a diferentes estadísticas. Si --- bien, la sencilla muestra al azar es sólo una forma de muestra de probabilidad, vamos a centrar nuestra atención en este método "escogido al azar". Indica que cada muestra posible tiene la misma probabilidad de ser escogida.

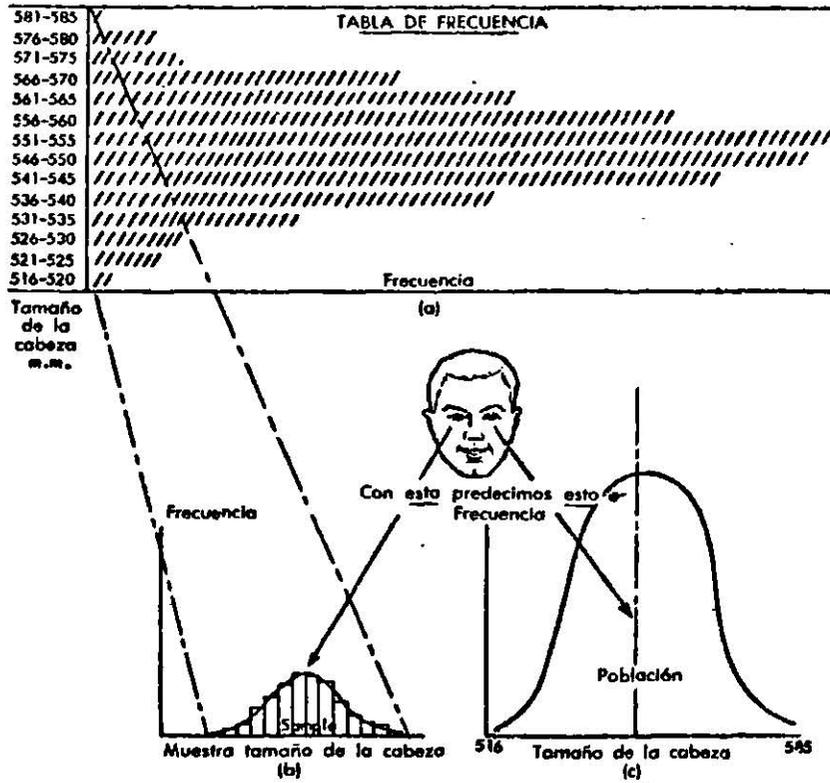
Examinaremos primero las características de la muestra y -- después veremos como puede esta predecir las características de la población.

La distribución simétrica de la curva ajustada que recorre el Histograma de la figura es la distribución más importante en estadística y suele llamarse distribución normal (Ver Cap. 7).

Si uno fuera el fabricante de sombreros, qué le interesaría en la distribución de tallas?. Con toda seguridad, la talla corriente, la mayor y la más pequeña y si se pudiera obtener más datos pediría uno el porcentaje que se calculaba para vender de cada talla,

La media aritmética que suele llamarse promedio, es, como

**Figura 8-1**  
*Predicción del tamaño de los sombreros*



se sabe, el total de los valores de un grupo dividido por el número de componentes de este, así se obtiene la ecuación:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

$\bar{X}$  = media aritmética de la muestra  
 $X_1$  = valor de la observación iésima en la muestra.  
 $n$  = número de componentes de la muestra.

La sigma ( $\sum$ ) significa sumar todos los valores de X desde 1 hasta n y proporciona un medio simple de demostrar el total de los valores de X.

La media aritmética,  $\bar{X}$  es sólo una de las medidas de tendencia central.

Variación de un tamaño n de la muestra:

$$s^2 = \frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n} = \frac{\sum (X)^2}{n}$$

La Variación,  $s^2$  se llama también error medio cuadrático.

Desviación estándar de un tamaño n de muestra.

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum (X)^2}{n}}$$

La desviación estándar S se llama también raíz cuadrada del error medio cuadrático.

De estas fórmulas y con estos datos se pueden obtener de diferentes maneras la muestra,

Símbolos empleados para muestras (estadística)	Símbolos para muestras empleados para estimar la población	Símbolo para la población (parámetros)
S Desviación estándar de la muestra	S Desviación estándar estimada de una población predicha con una muestra	$\sigma$ Desviación estándar para la población (sigma minúscula)
$n$ Número de unidades de la muestra	$n$ Número de unidades de la muestra	N Número de unidades de la población
$\bar{X}$ Media de muestra	$\bar{X}$ Media de muestra	$\mu$ Media de población

La media de la población puede estimarse con la media de la muestra.

La media de muestra es una estimación de la media de población:

$$\bar{X} = X/n \quad \mu = X/N$$

La mayor dificultad está en calcular la desviación estándar. Al presentar el muestreo estadístico damos a entender que la desviación de la muestra es un buen pronosticador de la desviación estándar de la población; Esta suposición no es mala para tamaños grandes de muestra, pero introduce algún error cuando es pequeña. La desviación estándar estimada de una población se designará por  $S_x$ , y la relación entre ella y la desviación estándar de la población  $\sigma_x$  del modo siguiente:

La desviación estándar de la muestra es una estimación de la desviación estándar de la población.

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}} \quad \sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (x - \mu)^2}{N}}$$

## B) PLANES DE MUESTREO SIMPLE:

### DESCRIPCION.

Un plan de muestreo es el procedimiento sistemático seguido para inspeccionar un lote de artículos y aceptarlo o rechazarlo tomando como base la calidad encontrada en una o más muestras del lote, es cogidas al azar.

Cuando la decisión de aceptar o rechazar un lote está basada en la evidencia proporcionada por una sola muestra, el plan de aceptación se conoce como "Plan de Muestreo Simple".

Escencialmente todo plan de muestreo simple está definido por tres números:

$N$  = Número de artículos en el lote que se va a inspeccionar.

$n$  = Número de artículos en la muestra tomada al azar del lote.

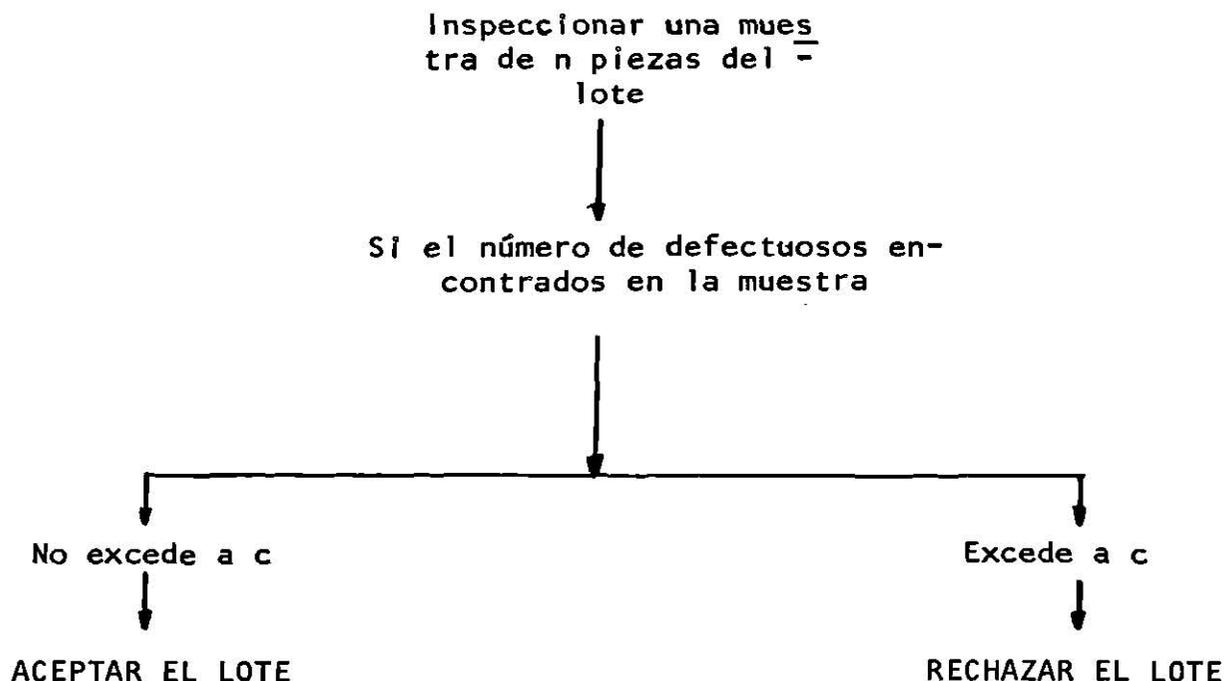
$c$  = Número de aceptación o sea el máximo número de artículos defectuosos permitidos en la muestra  $n$ .

Por lo tanto, un plan de muestreo simple puede ser descrito como sigue: "Tomar una muestra al azar de tamaño  $n$ , de un lote de  $N$  artículos, Si la muestra contiene  $c$  o menos artículos defectuosos, aceptar el lote; de lo contrario, rechazarlo". En la figura 8-2, se representa el diagrama de operación de un plan de muestreo simple (1).

Si la peor calidad que puede admitirse en el lote es igual a  $p_t$  (máxima fracción defectuosa tolerable) y  $p$  es la fracción defectuosa real en el lote inspeccionado, un plan de muestreo puede también ser visualizado como una prueba de Significado, en la cual va a probarse la hipótesis  $H_0 : p \leq p_t$ , contra la hipótesis alterna  $H_1 : p > p_t$ . El procedimiento consistirá en tomar una muestra al azar de tamaño  $n$  y aceptar el lote si el número de defectuosos en la misma es menor o igual a  $c$ . La selección de  $n$  y  $c$  dependerá de la Curva Característica de Operación deseada.

FIG. 8-2

## DIAGRAMA DE OPERACION DE UN PLAN DE MUESTREO SIMPLE



## c) PLANES DE MUESTREO DOBLES:

## DESCRIPCION:

Los planes de muestreo dobles incluyen la posibilidad de tomar una segunda muestra, antes de decidir sobre aceptar ó rechazar un lote de calidad dudosa. El lote es aceptado si la primera muestra es bastante buena y es rechazado si ésta es muy mala. Si la primera muestra no es ni muy buena ni muy mala, la decisión de aceptar o rechazar el lote se basa en la evidencia proporcionada por la primera y segunda muestra combinadas.

Para definir un plan de muestreo doble es necesario especificar los siguientes números:

- $N$  = Número de artículos en el lote que se va a inspeccionar
- $n_1$  = Número de artículos en la primera muestra.
- $c_1$  = Número de aceptación para la primera muestra, o sea el máximo número de artículos defectuosos permitidos en la muestra  $n_1$ .
- $n_2$  = Número de artículos en la segunda muestra.
- $c_2$  = Número de aceptación para la muestra combinada, o sea el máximo número de artículos defectuosos permitidos en la muestra combinada  $n_1+n_2$ .

Por lo tanto, un plan de muestreo doble puede ser descrito como sigue: "Tomar una muestra al azar de tamaño  $n_1$  de un lote de  $N$  artículos, aceptar el lote, si contiene más de  $c_2$  defectuosos, rechazar el lote. Si la primera muestra contiene entre  $c_1$  y  $c_2$  defectuosos, tomar una segunda muestra al azar de tamaño  $n_2$ ; si en la muestra combinada  $n_1 + n_2$ , hay  $c_2$  o menos defectuosos, aceptar el lote, si -- hay más de  $c_2$  defectuosos, rechazar el lote". En la fig. 8-3 se representa el diagrama de operación de un plan de muestreo doble ( ).

Por regla general el número de aceptación de la primera muestra y el de la muestra combinada son iguales ( $c_1 = c_2$ ). H.C. HAMMER y R. van STRIK ( ) demuestran que la pérdida de flexibilidad debida a esta restricción, no afecta seriamente la eficiencia del plan de muestreo en la región de muestreo en la región de interés práctico, además, contribuye a simplificar la administración del plan.

Los planes de muestreo dobles tienen dos ventajas principales sobre los planes de muestreo simples:

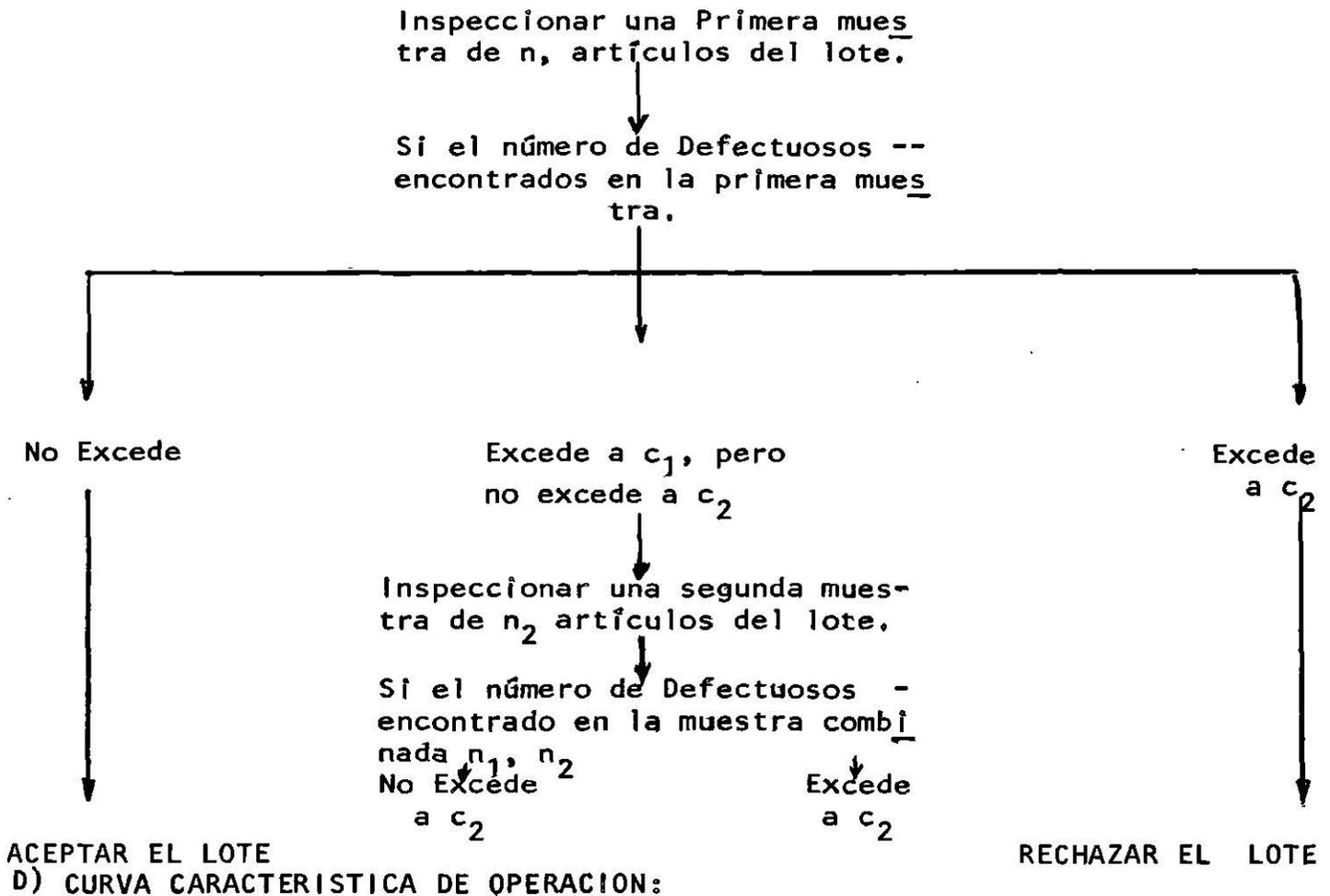
1. Reducen la cantidad total de inspección: La primera muestra es menor que la correspondiente a un plan de muestreo simple similar, por lo tanto siempre que un lote sea aceptado o rechazado con base en la primera muestra, habrá un ahorro en la cantidad total de inspección, además, existe la posibilidad de rechazar el lote sin tener necesidad de inspeccionar totalmente la segunda muestra.
2. Tienen la ventaja psicológica de conceder una segunda oportunidad a los lotes de calidad dudosa:

Principalmente desde el punto de vista del producto, sería injusto rechazar un lote basándose en una sola muestra.

Por otro lado, se pueden citar las siguientes desventajas de los planes de muestreo dobles ( ):

1. Requieren una administración más compleja.
2. Los inspectores tienen cargas de trabajo variables, según tengan necesidad de inspeccionar una o dos muestras.
3. La máxima cantidad de inspección necesaria para aceptar o rechazar un lote, es mayor que la correspondiente a un plan de muestreo simple similar, la cual es constante.

## DIAGRAMA DE OPERACION DE UN PLAN DE MUESTREO DOBLE.



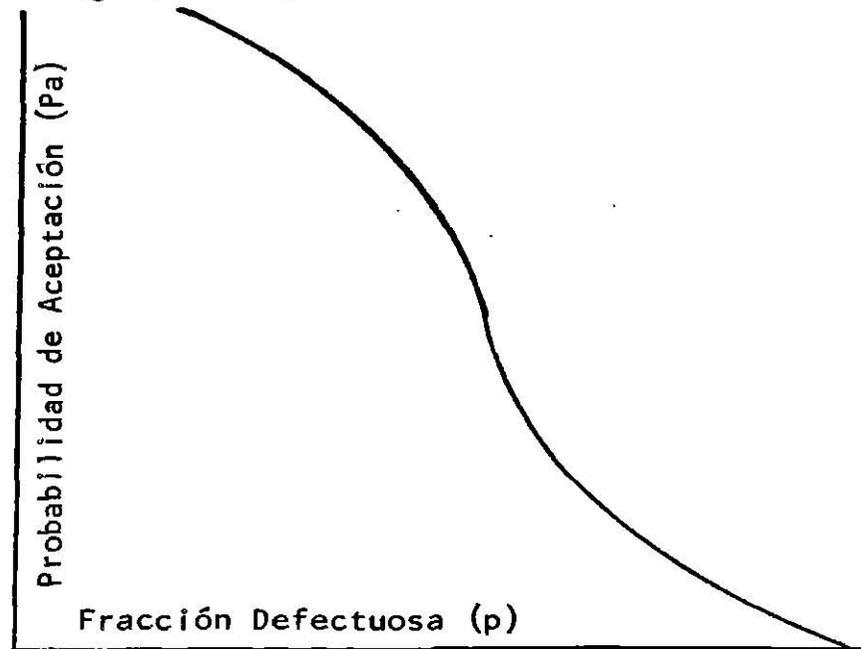
Con objeto de seleccionar adecuadamente un plan de muestreo, es deseable comparar su comportamiento sobre un rango de posibles niveles de calidad del producto admitido para inspección. La manera de visualizar claramente ese comportamiento es por medio de la Curva Característica de Operación, comúnmente referida como Curva C O.

Para cualquier fracción defectuosa  $p$ , en el lote admitido para inspección, la curva C O muestra la probabilidad  $P_a$ , de que el lote sea aceptado por un plan de muestreo.

En otras palabras, la curva C O muestra los riesgos de aceptación de lotes que contengan cualquier porcentaje de defectuosos dado. Sin embargo, ningún plan de muestreo ofrece una protección completa contra la aceptación de producto defectuoso. Es por esto que la selección de un plan de muestreo para aceptación, requiere una decisión sobre los riesgos que se puede permitir correr el usuario del plan; de ahí la importancia de hacer una cuidadosa consideración de la curva C O al seleccionar un plan de muestreo.

FORMA DE LA CURVA C 0: La forma más general de la curva C 0 de un plan de muestreo, es la mostrada en la Fig. 8-4. Si la calidad del lote es buena, se tiene una probabilidad de aceptación pequeña. Ahora bien, si  $p$  es cero, el lote no contiene defectuosos y por lo tanto será siempre aceptado, es decir que debe corresponderle una  $P_a$  igual a uno. Si  $p$  es igual a uno, todo el lote está defectuoso y se debe tener la seguridad de que será siempre rechazado, para lo cual  $P_a$  se hace igual a cero.

Figura 8-4.

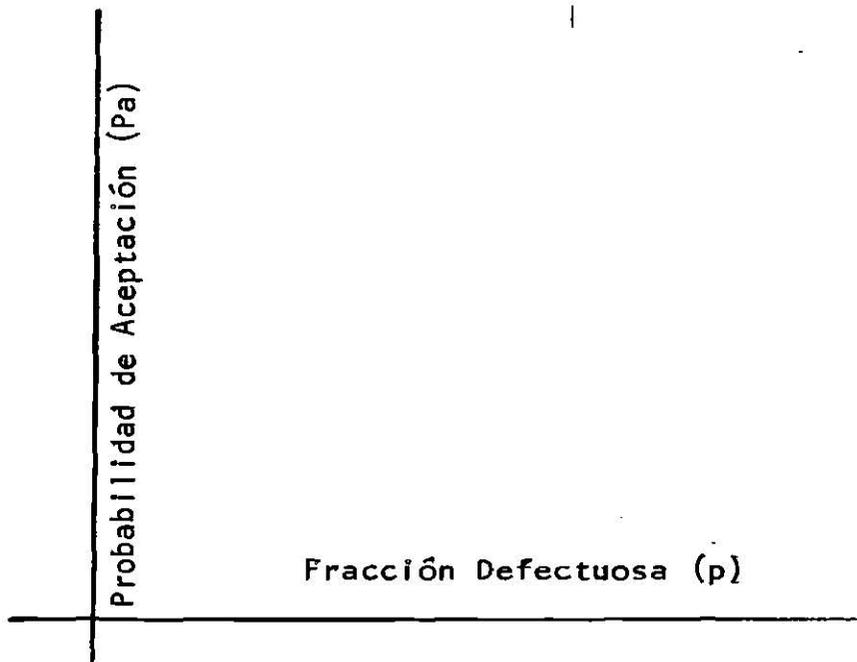


El plan de muestreo ideal sería aquel que rechazara todos los lotes con una calidad pero que la máxima fracción defectuosa tolerable  $P_t$ . La curva C 0 correspondiente al plan de muestreo ideal sería la mostrada en la Figura 8-5.

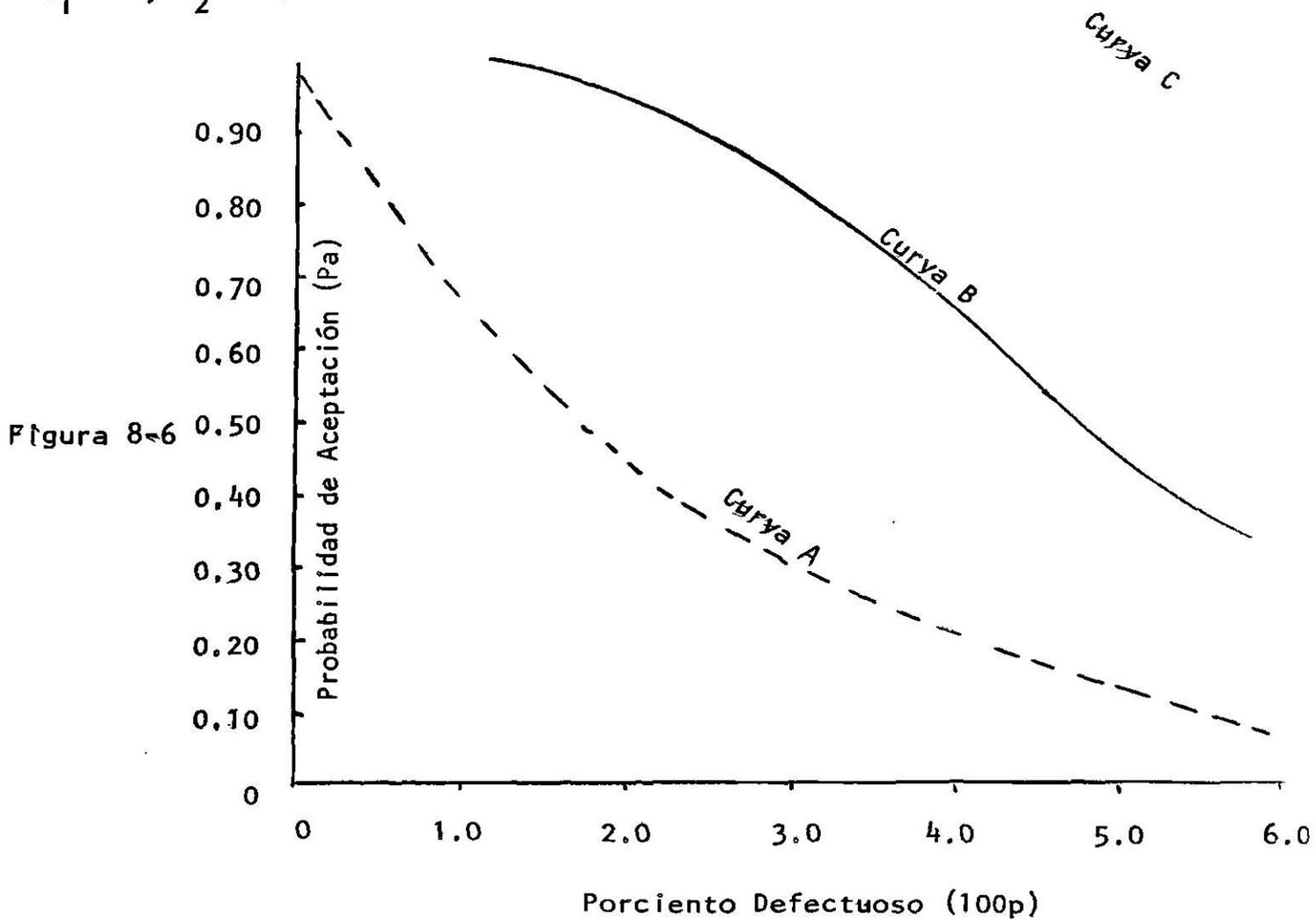
El comportamiento de la curva C 0 de un plan de muestreo doble es muy semejante al que tiene la curva C 0 de un plan de muestreo simple, es decir, que tanto una como otra responden en forma similar a las variaciones en el tamaño del lote, en el tamaño de la muestra y en el número de aceptación. Por lo tanto, lo expuesto en la Sección , con respecto a la curva C 0 para planes de muestreo simples, se puede aplicar a la curva C 0 para planes de muestreo dobles.

Además de la curva C 0 principal, que muestra la probabilidad de aceptar un lote si hay necesidad de tomar una segunda muestra, los planes de muestreo dobles tienen dos curvas C 0 complementarias, que muestran, respectivamente, la probabilidad de aceptación después de la primera muestra.

Figura 8-5



Las curvas B, A, y C de la Figura 8-6, corresponden a las Curvas C 0 principal y suplementarias del plan  $N = 1,000$ ,  $n_1 = 40$ ,  $c_1 = 0$ ,  $n_2 = 4$ .



La curva A muestra la probabilidad de aceptación después de la primera muestra y en realidad correspondiente al plan  $N = 1,000$ . -  $n = 40$ ,  $c = 0$ .

La curva C muestra la probabilidad de no rechazar después de la primera muestra y corresponde al plan  $N = 1,000$   $n = 40$ ,  $c = 4$ .

La curva B es la curva C 0 principal del plan de muestreo doble y muestra la probabilidad de aceptación final, después del doble muestreo.

Para una fracción defectuosa en particular, de la Fig. 8-6 se pueden obtener los siguientes datos adicionales:

1. La diferencia entre la curva B y la curva A equivale a la probabilidad de aceptar el lote después de la segunda muestra, sin considerar la primera muestra.
2. La diferencia entre la curva C y la curva B equivale a la probabilidad de rechazar el lote después de la segunda muestra, sin considerar la primera muestra.
3. La diferencia entre la curva C y la curva A corresponde a la probabilidad de que haya necesidad de tomar una segunda muestra del lote.

Haciendo variar  $n$  y  $c$  se puede lograr que la curva C 0 de un plan de muestreo pase a través de un determinado punto característico. Esto permite clasificar o caracterizar los planes de muestreo tomado como base un punto en la curva C 0. Los principales volúmenes de tablas de planes de muestreo publicados hasta la fecha, clasifican a los mismos tomando como base: El nivel de calidad aceptable (AGL), el porcentaje defectuoso tolerable en el lote (LTPD) el punto de control y la máxima calidad promedio de salida (AQDL).

#### CLASIFICACION POR AQL.

Algunos planes de muestreo están diseñados de manera tal, que permiten a los lotes con buena calidad tener una baja probabilidad de ser rechazados, es decir, que proporcionan un "Riesgo del Producto" bajo. La calidad considerada como buena es conocida como "Nivel de Calidad Aceptable" (Acceptable Quality Level) y la probabilidad de aceptación ( $1 - \alpha$ ), correspondiente a la misma usualmente es 0.95.

Por lo tanto, el productor va a tener una buena protección ( $\alpha = 0.05$ ) contra el rechazo de lotes con una calidad igual o mejor que el AQL. Desde otro punto de vista, esta manera de caracterizar un plan de muestreo no indica cual va a ser la protección que el consumidor va a tener contra la aceptación de lotes con una calidad peor que el AQL.

La mayoría de las tablas de planes de muestreo están computadas de manera tal, que permiten seleccionar el plan que tenga la mínima cantidad total de inspección, considerando la inspección de las muestras ordinarias y la inspección 100% de los lotes rechazados. Para seleccionar un plan de muestreo tomando en consideración lo ante-

rior, es necesario estimar el "Proceso Promedio", esta estimación se hace con base en datos anteriores de la siguiente manera:

$$\text{Proceso Promedio} = \frac{\text{Número total de defectuosos}}{\text{Número total de unidades inspeccionadas.}}$$

El AQL puede ser visualizado como el más alto porcentaje de defectuosos aceptable como proceso promedio.

Si se utilizan las tablas de planes de muestreo de Dodge -- Roming y no se cuenta con datos anteriores para estimar el Proceso Promedio ó si los lotes rechazados no van a ser inspeccionados 100%, el plan se selecciona de la columna situada en el extremo derecho de la tabla, de esta manera se obtiene la protección de calidad deseada y los lotes buenos tienen una mejor probabilidad de aceptación.

#### CLASIFICACION POR LTPD:

Otros planes de muestreo están diseñados de manera tal, que proporcionan a los lotes con mala calidad una baja probabilidad de aceptación, es decir, que aseguran un "R esgo del Consumidor" bajo. La línea divisoria entre la buena y la mala calidad de los lotes expresando la calidad en porcentaje de defectuosos, es conocida como "Porcentaje Defectuoso Tolerable en el Lote" (Lot Tolerance Percent Defective) y la probabilidad de aceptación, B, correspondiente a la misma usualmente es 0.10. De esta forma el consumidor va a tener una probabilidad muy pequeña de aceptar lotes con una calidad igual ó peor que el LTPD.

Por otro lado, esta manera de caracterizar un plan de muestreo no especifica nada acerca de la protección que el productor va a tener contra el rechazo de lotes con una calidad mejor que el LTPD.

#### CLASIFICACION POR AOQL:

La "Máxima Calidad Promedio de Salida" (Average Outgoing Quality Limit) no se refiere a un punto sobre la curva C O, sino que representa la máxima calidad promedio que se puede esperar encontrar en los lotes inspeccionados, después de haber sometido una gran cantidad de ellos a un plan de muestreo, haciendo la aclaración de que todos los lotes rechazados serán inspeccionados 100% y los artículos defectuosos eliminados y sustituidos por artículos buenos.

Dependiendo del proceso de donde provengan, los lotes tendrán una calidad dada (Calidad de Entrada). Al ser sometidos a un plan de muestreo, a cada calidad de entrada le corresponderá una probabilidad de aceptación. Los lotes aceptados por el plan, tendrán una "Calidad de Salida" aproximadamente igual a la "Calidad de Entrada". Los lotes rechazados, después de ser inspeccionados 100% y habiéndoles sustituido los artículos defectuosos por artículos buenos, no tendrán defectuosos.

Por lo tanto, después de someter una gran cantidad de lotes a un plan de muestreo, a cada "Calidad de Entrada" le corresponderá una Calidad Promedio de Salida (Average Outgoing Quality). El máxi-

mo valor de A0Q será igual al A0QL del plan de muestreo.

Matemáticamente se puede establecer que:

$$A0Q = p (Pa(p))$$

$$A0QL = \underset{p}{\text{máx.}} A0Q$$

## F) GRAFICA DE CONTROL:

La Gráfica de Control la podemos definir como: La comparación Gráfico-cronológica de la característica actual de la calidad -- del producto, con los límites que identifican la posibilidad de la manufactura, de acuerdo con las experiencias anteriores que se han obtenido del producto.

Las gráficas de Control se basan en hechos, descubiertos en Inspecciones sucesivas durante el desarrollo de los procesos.

Las gráficas de Control muestran en todo tiempo el estado - que guarda cada fase del proceso.

Los principales tipos de gráficas son:

- a) Gráfica de Control Variables.
- b) Gráfica de Control de Atributos.
  - 1) Gráfica de fracción defectuosa
  - 2) Gráfica de defectos por pieza.
  - 3) Gráfica de defectuosos.

GRAFICA DE CONTROL DE VARIABLES: La función primordial de las gráficas de control es la de indicarnos o reflejarnos cuando una operación está dentro o fuera de control, para lo cual se ha determinado que graficando promedios de "Subgrupos Racionales" se obtiene una máxima sensibilidad permitiendo una mejor eficiencia de las mismas como instrumentos de control. De acuerdo a lo anterior, es necesario que la gráfica de control variables esté compuesta por dos gráficas juntas. Una gráfica de Promedios y otra de Amplitudes o Rangos. Cada gráfica con sus límites de control que se calculan de acuerdo con las expresiones matemáticas siguientes:

A) Para Gráfica de Promedios:

$$LSC = \bar{X} + A_2 R$$

$$\text{Línea Central} = \bar{X}$$

$$LIC = \bar{X} - A_2 R$$

en donde:

LSC = Límite superior de Control

LIC = Límite inferior de Control

$\bar{X}$  = Media Aritmética de los promedios de los subgrupos racionales.

$A_2$  = Factor para éstas Gráficas

$\bar{R}$  = Promedio de los rangos o amplitudes.

El factor  $A_2$  se determina con la tabla siguiente:

Número en el Sub-grupo	Factor $A_2$	Factor $D_3$	Factor $D_4$
2	1.88	0	3.27
3	1.02	0	2.57
4	0.73	0	2.28
5	0.58	0	2.11
6	0.48	0	2.00
7	0.42	0.08	1.92
8	0.37	0.14	1.86
9	0.34	0.18	1.82
10	0.31	0.22	1.78
11	0.29	0.26	1.74
12	0.27	0.28	1.72
13	0.25	0.31	1.69
14	0.24	0.33	1.67
15	0.22	0.35	1.65

B) Para Gráficas de Rangos:

$$L.S.C. = D_4 \bar{R}$$

$$L.I.C. = D_3 \bar{R}$$

en donde:

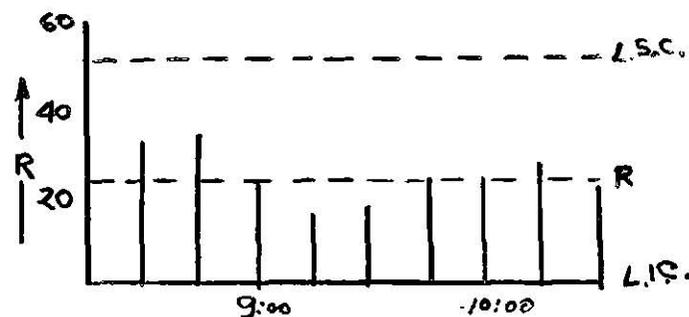
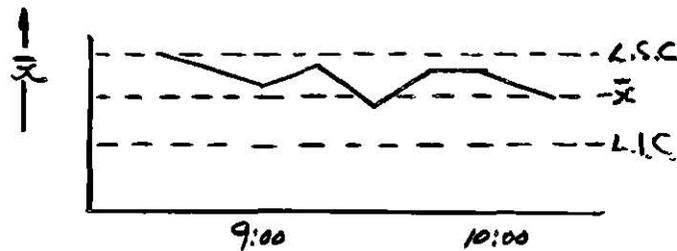
L.S.C. = Límite superior de control

L.I.C. = Límite inferior de control

$D_4$  = Factor para determinar L.S.C.

$D_3$  = Factor para determinar L.I.C.

$\bar{R}$  = Promedio de Rangos o Amplitudes.



**GRAFICA DE CONTROL POR ATRIBUTOS.** En éste tipo de gráfica se emplean los siguientes conceptos:

**DEFECTUOSO (np):** Todo artículo o pieza que no cumple con todas las especificaciones.

**DEFECTO (c) :** Una característica de calidad que no se cumpla.

**FRACC. DE-  
FECTUOSA. (p) :** Es la división del número de piezas defectuosas - en un Lote o Muestra entre el número de piezas en ese Lote o Muestra.

**LAS GRAFICAS DE CONTROL DE ATRIBUTOS SE CLASIFICAN EN:**

- a.- Gráfica de Fracción Defectuosa.
- b.- Gráfica de Defectos por Pieza.
- c.- Gráfica de Defectuosos.

**A.- GRAFICA DE FRACCION DEFECTUOSA;**

$$L.S.C. = P + 3 \frac{P(1-P)}{N}$$

$$L.I.C. = P - 3 \frac{P(1-P)}{N}$$

en donde:

**P** = Promedio de Fracción Defectuosa.

**N** = Tamaño del Lote o Universo.

**B.- GRAFICA DE DEFECTOS POR PIEZA:**

La Gráfica de Defectos por Pieza tiene sus límites de control de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$L.S.C. = c + 3 c$$

$$L.I.C. = c - 3 c$$

en donde:

**c** = Promedio de defectos por pieza. (Es la relación del total de defectos encontrados a la cantidad de piezas - - inspeccionadas).

**C.- GRAFICA DE DEFECTUOSOS:**

$$L.S.C. = NP + 3 NP(1-P)$$

$$L.I.C. = NP - 3 NP(1-P)$$

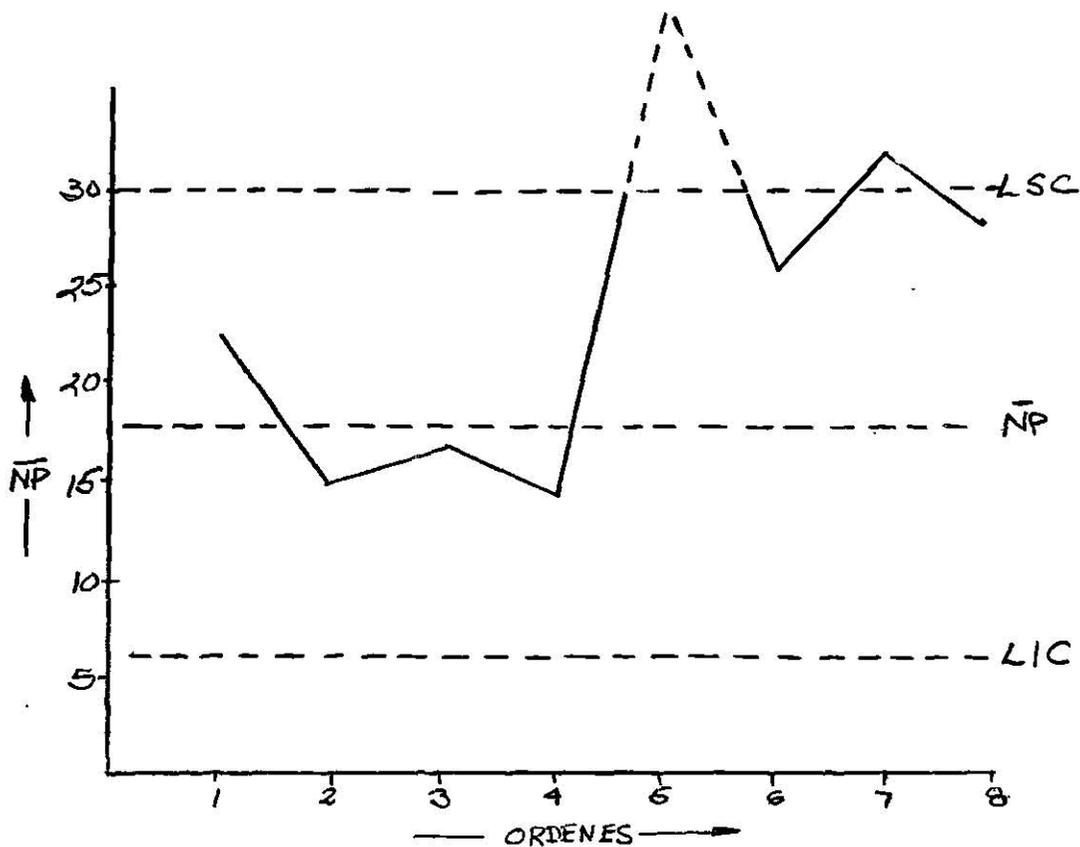
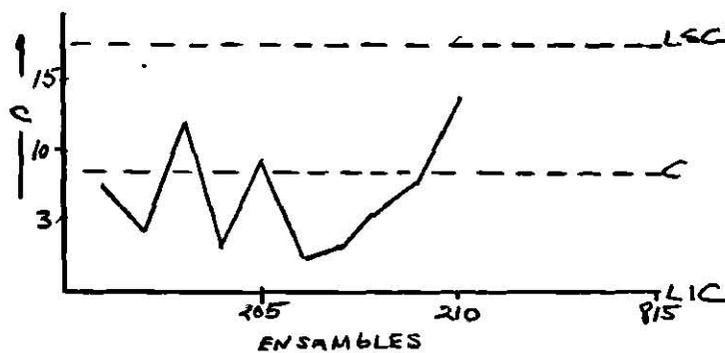
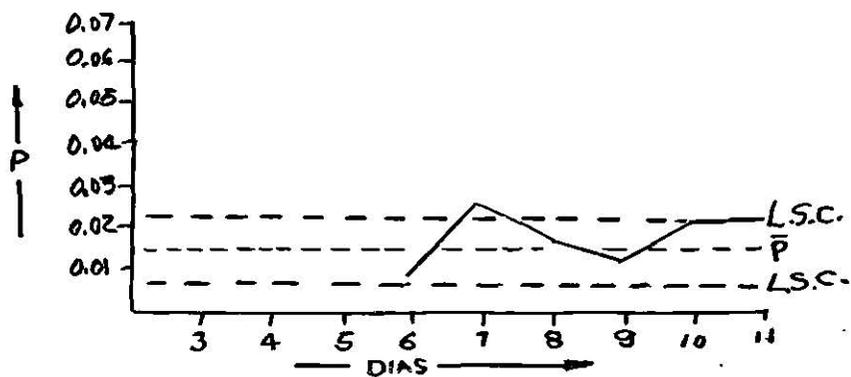
En donde:

NP = Promedio de defectuosos

P = Promedio de la Fracción Defectuosa

## APLICACION DE LAS GRAFICAS DE CONTROL POR ATRIBUTOS

Construcción de la Gráfica:



CAPITULO IX  
INVESTIGACION DE OPERACIONES  
~~LA INVESTIGACION DE OPERACIONES NOS PERMITE~~

ENCONTRAR SOLUCIONES ADECUADAS A PROBLEMAS. De como dirigir a vendedores adecuadamente hacia los compradores en el momento preciso, distribuir el presupuesto de publicidad de la manera más efectiva, establecer sistemas justos de comisiones, mejorar las políticas de abastecimiento y control de inventarios, planear la producción a un costo mínimo, definir las relaciones de trabajo y capital necesario para una nueva operación, determinar la capacidad óptima de unidades productivas, etc.

En este capítulo se incluye las técnicas más utilizadas en el campo de control de producción. Describiéndose a continuación los siguientes métodos.

**GRAFICA GANTT:**

En la Industria se ha dicho mucho: "Planea tu trabajo y trabaja tu plan", y durante muchos años uno de los mejores instrumentos para ello ha sido la gráfica Gantt. Esta es un modo sencillo de mostrar la producción lograda y la prevista en el eje horizontal de una gráfica.

Tanto se ha dicho y escrito de este método de planear y controlar la producción que sus principios suelen perderse en un cúmulo de detalles. Veamos algunas ventajas reales que presenta el método sobre otros:

1. Obliga a hacer un plan, lo cual es en sí un gran paso hacia operaciones más eficaces.
2. Son fáciles de comparar en él la labor planeada y la realizada; no es necesario recordar un cúmulo de datos para los fines de comparación.
3. La Gráfica de Gantt es compacta; una sola gráfica puede reemplazar gavetas enteras de información.
4. Cualquiera puede hacer una Gráfica Gantt con papel, lápiz y regla.
5. Estas gráficas son dinámicas y muestran un cuadro animado de las actividades de una planta.

Es necesario comprender que las gráficas se emplean un tipo de lenguaje abreviado y, para que sean eficaces, deben de conocerse sus símbolos. Hay algunos de mucho uso (Fig. 9-1) y unos cuantos que aquí damos servirán para hacer comprensible el resto de nuestro estudio del tema.

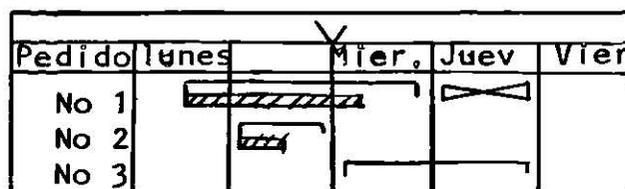
Para ver el funcionamiento de la gráfica examinaremos la figura 9-2 que es una gráfica de las órdenes de fabricación.

Figura 9-1.

Símbolos de la gráfica Gantt.

┌	Principio de una actividad.
└	Fin de una actividad.
┌┐	Dos ángulos muestra la actividad propuesta
▨	La línea gruesa muestra el progreso real de una actividad.
∨	Un signo de intercalación encima de una columna señala el instante en que se detiene la gráfica.
✕	Como las gráficas son cosa dinámica, esto indica el momento de paralización de las actividades.
	Tiempo reservado para actividades no -- productivas, como el mantenimiento.

Figura 9-2.



La gráfica se puso al día el Martes por la noche, como se ve en el signo de intercalación V. La orden 1 se empezó a ejecutar el Lunes a mediodía y se termina el Miércoles por la noche como se ve en la línea delgada. La línea llena, que va más allá del momento actual, muestra que el pedido está adelantado a su horario. Por el mismo razonamiento se ve que el pedido 2 está atrasado y el 3 no ha empezado a hacerse.

Debemos conocer unos cuantos principios básicos antes de -- realizar una buena Gráfica Gantt. El primero es que las distancias -- tomadas sobre el eje horizontal representan tiempos o producción. Por ejemplo, podemos decir que un espacio entre dos líneas verticales de la gráfica representa una hora en que se producen 15 piezas o que el espacio representa 15 piezas que se producen en una hora. No importa el orden en que se diga, hay que señalar también que si se aplican -- normas de producción deberán modificarse por el factor de eficiencia de la planta para que sean realistas.

Paralelamente a la línea delgada, que representa la producción que nos proponemos, hay una línea gruesa que muestra el avance real de la producción, la diferencia entre ambas nos dice en qué grado se acerca la producción a su cumplimiento.

Una línea vertical trazada por el signo de intercalación V en la parte alta de la gráfica representa el instante en que se detiene la programación. La diferencia entre la línea llena que muestra los progresos realizados y la línea vertical que pasa por el signo de intercalación nos muestra hasta qué punto va la producción adelantada o atrasada respecto a su programa de tiempo.

Aunque hay muchas variantes de la gráfica Gantt que se prestan a confusión es posible clasificarlas en dos tiempos que a falta de mejor denominación, llamaremos gráfica directa e inversa.

Cualquiera que sea el sistema empleado, un papel barato - - cuadrulado o un producto comercial más complicado hay que aplicar - los principios básicos de la Gráfica Gantt.

## METODO DE LA RUTA CRITICA. (CRITICAL PATH METHOD)

El CPM y el PERT (Program Evaluation and Review Technique) son dos de los procedimientos últimamente ideados para reflejar las actividades mediante una red. Por lo general estos procedimientos -- tienen un uso limitado en la producción, pero son particularmente úti les para los proyectos con un acontecimiento final. EL RAMP (Review Analysis of Multiple Projects) es útil para guiar las actividades de varios proyectos a la vez, pero su aceptación ha añanzado lentamente.

Al igual que en la Gráfica Gantt, el CPM tiene una serie de símbolos especiales que debemos conocer bien para emplear el método - con buenos resultados. Estos símbolos son los que pueden verse en la Fig. 9-3.

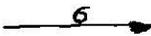
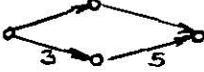
Hay varias fases en el CPM y se puede decidir hasta donde - ir con él. Naturalmente, la decisión es de orden económico y los perfeccionamientos solo deben incluirse si la cosa merece la pena. Los proyectos con centenares de actividades individuales se han planeado y programado por una computadora! He aquí algunas de las ventajas -- del método de la ruta crítica:

1. Requiere la selección de eventos específicos y bien - -- definidos que sucedan en la red de actividades.
2. Los eventos se enlazan con actividades que muestran las interrelaciones.
3. Para trazar una gráfica CPM es necesario calcular el - - tiempo de todas las actividades.
4. Los aspectos críticos de cada actividad se señalan mucho antes de que ocurran.
5. Entre dos actividades pueden calcularse valores en fun-- ción de dinero, así es posible decidir qué actividades - deben o no acelerarse.

El método de la ruta crítica es más fácil de entender si se enfoca paso por paso.

Paso No. 1. Planeamiento. El primer paso consiste en una - enumeración de todas las actividades, como se ve a la izquierda de la tabla en la Fig. 9-4, en el orden en que deben suceder. De ahí se ob tiene una red, como puede verse. Cada actividad está indicada por una flecha que apunta a la siguiente. El largo de las flechas no tiene - significado. Las actividades se ponen en el diagrama una por una, te niendo presente la que precede y sigue a cada una así como las que -- pueden hacerse simultáneamente.

Figura 9-3  
SIMBOLOS DE LA RUTA CRITICA

Símbolo	Nombre	Comentarios
	Actividades	Señala una actividad. No se intenta poner en escala la flecha para que represente tiempo. El número que va encima señala el tiempo en unidades de días, horas.
	Evento	Un nodo, acontecimiento o evento es el fin de una actividad
	Red	Las redes se componen de actividades y eventos.
	Trayectoria Crítica Holgura	El tiempo más grande de la red, Diferencia entre el tiempo primero y el último en que puede terminarse una tarea quedando dentro del programa de tiempos. También se le puede llamar "margen" o "res piro".
	Punto de Pivote	Ultimo tiempo de la trayectoria crítica.
	Tiempo Ultimo	Se empieza con el punto de pivote y se le restan todos los tiempos de actividad.
	Tiempo Primero	Suma de los tiempos de actividad que producen un suceso.

Paso No. 2, Estudio de Tiempos: Se consideran determinantes los tiempos de una actividad si no hay gran variación observable en los tiempos de terminación. Estos elementos de tiempo, adyacentes a cada flecha, se determinan con la mayor exactitud posible y deben reflejar los tiempos normales para cada trabajo, tomando en consideración los acostumbrados de entrega y aplicando la fuerza de trabajo típica. La trayectoria de trabajo más larga de la red es la ruta crítica, que en el ejemplo se aprecia en la línea negra. Toda actividad en ésta trayectoria tiene que completarse a tiempo o no se cumplirá el programa. Pero, y las otras trayectorias? Cada una de ellas tiene alguna holgura (llamada también "Margen"). El método de determinación de esta holgura se ve en la tabla. Es necesario ante todo, calcular el tiempo más corto posible para cada evento. Esas son las cifras encerradas en círculos en el diagrama. Después procediendo hacia atrás a partir del tiempo más largo, (determinado por la ruta crítica) se halla el tiempo más largo posible. Estos tiempos son los que se ven en el diagrama encerrados en rectángulos. La diferencia entre el tiempo más corto y el más largo para cada parte es la holgura.

Es evidente que en la ruta crítica no hay holgura. En realidad uno de los modos de definir la trayectoria crítica es decir que es una trayectoria sin holgura. Con frecuencia, una o varias actividades conducen al mismo punto de unión, como en el del diagrama. Se

verá que el tiempo más largo, 29, se utilizó para los cálculos subsecuentes.

La ventaja del CPM es que todos los trabajos críticos están minuciosamente ubicados y se obtiene fácilmente la cantidad de hora disponible en todas las partes críticas del sistema, lo que nos proporciona una útil combinación.

Paso No. 3. Análisis del Costo, Este paso del CPM hace posible determinar la ventaja o desventaja que habría en modificar el programa, es necesaria una reducción es posible determinar de antemano cuánto costará el paso. Antes de examinar sus aplicaciones cerciémonos de haber captado la teoría que lo sustenta.

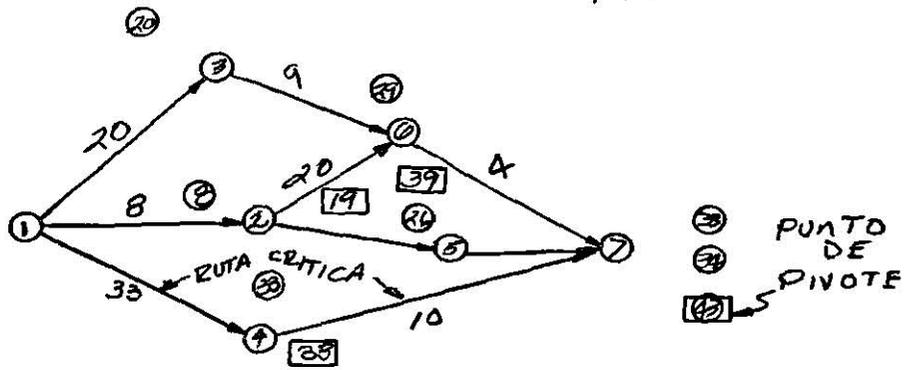
En muchos casos, la gerencia es algo flexible al determinar fecha de terminación de una tarea y sencillamente tiene que aumentar los hombres y el equipo. La relación entre el costo de aumento y medios y la duración de un trabajo puede representarse mediante una curva de tiempo y costo semejante a la de la Fig. El punto más bajo de la curva será el tiempo normal,  $T_n$ , y la gerencia sin duda tratará de acercarse a éste nivel lo más posible.

Aumentando los medios de la duración del trabajo se reduce y el costo aumenta. Lo único en la aplicación de medios extras se indica en la curva por el tiempo de urgencia,  $T_u$  y  $T_n$  puede convertirse por aproximación, en una recta, como se ve. La inclinación de esta recta se llama pendiente del costo y se expresa en tantos dólares (o pesos) por unidad de tiempo, como \$20.00 al día.

Volviendo a la aplicación de esta información al sistema debe determinarse el tiempo normal y el de urgencia para cada trabajo, así como los costos que les corresponden. De ahí sale el costo por unidad de tiempo, como se ve en la tabla. La gerencia tiene, así, un instrumento y la información necesarios para tomar algunas decisiones razonables. Si se tiene el costo para la dilación del proyecto puede establecerse una comparación entre éste y el de aceleración.

Paso No. 4. Inspección. Como todas las gráficas de estudio de tiempo el CPM es dinámico y siempre está expuesto a cambios, dictados por una realimentación constante de información. La fuente de ésta información depende de la clase de actividad y puede proceder de orden de embarque, de trabajo, de tarjetas de tiempos u otros documentos.

PASO 1



Actividad	Clave		Tiempo Normal	Tiempo pri.		Tiempo Ulti.		Holgura Dispon.
	Cola	Punta		Prin.	Fin.	Prin.	Fin.	
Poner aquí to das las activi- dades	1	2	8	0	6	9	17	9
	1	3	20	0	20	10	30	10
	1	4	33	0	33	0	33	0
	2	5	18	8	26	17	35	9
	2	6	20	8	28	19	39	11
	3	6	9	20	29	30	39	10
	4	7	10	33	43	33	43	0
5	7	8	26	34	35	43	9	
6	7	4	29	33	39	43	10	

PASO 2

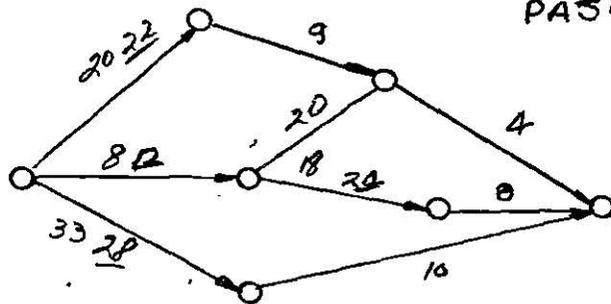
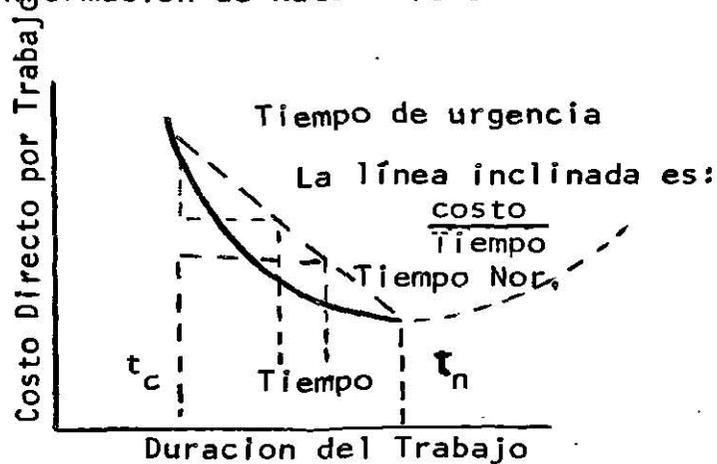


Figura 9-5  
Información de Ruta Crítica



COSTOS DE CPM

actividad	Normal		Días	Dóls.	Dóls./Días
	Días	Dóls.			
1-2	8	80	7	100	20,00
1-3	20	150	18	180	15,00
1-4	33	400	30	490	30,00
2-5	18	250	16	350	50,00
2-6	20	400	20	400	-
3-6	9	120	9	120	-
4-7	10	150	8	220	35,00
5-7	8	160	6	280	60,00
6-7	4	120	3	190	70,00
Total	130	Total	117		

Ejemplo para trabajo 1-2  
 Pendiente del costo \$/día =  

$$\frac{\text{Costo de urgencia} - \text{costo normal}}{\text{Tiempo normal} - \text{Tiempo de urgencia}}$$

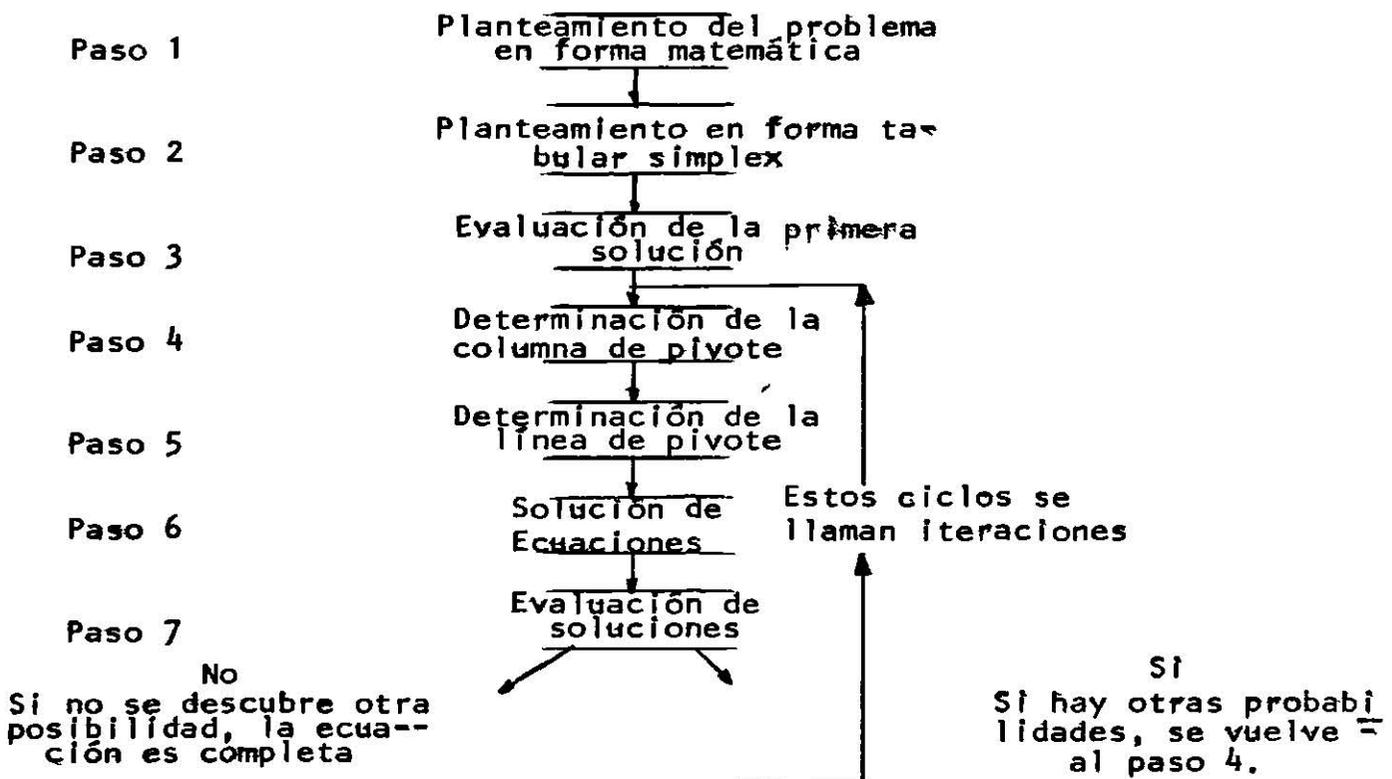
$$\frac{\$100,00 - \$80,00}{8 \text{ días} - 7 \text{ días}} = \$20,00/\text{día}$$

Volviendo al segundo paso del diagrama de trayectoria crítica, (Fig. 9-4) se pueden observar los cambios causados por actividades adelantadas o retrasadas respecto del programa. Los tiempos de las actividades terminadas se ven junto a la flecha en forma de número subrayado. Como puede observarse, algunas de las actividades se terminaron antes del tiempo calculado y otras después. En consecuencia, la trayectoria crítica ha cambiado y la dirección tiene que dedicar su atención a hallar el modo de canalizar los recursos hacia el final de la labor a la hora calculada. La aplicación de los recursos dependerá del programa de tiempo, así como de la condición económica, determinada por los análisis de costos del Paso No. 3.

## METODO SIMPLEX:

La programación lineal difiere de muchos problemas en que nos acercamos a la solución con un número previsible de pasos. En ella se requiere un número imprevisible de pasos o iteraciones. A causa del ordenamiento de los pasos y del número de éstas, es absolutamente necesaria una explicación porque es difícil recordar en qué parte del ciclo nos hallamos. Para contribuir al allanamiento de esta dificultad damos aquí una gráfica del método (Fig. 9-6). Cada paso está numerado en el lado izquierdo; después los veremos por turno. Recuérdese que esta solución inicial parecerá larga y fatigosa, pero es porque cada paso va acompañado por explicaciones. Las siguientes soluciones serán naturalmente mucho más breves, a medida que vayamos teniendo confianza en lo que hacemos. Hay que comprobar con la gráfica

Figura 9-6  
Gráfica de marcha de las operaciones para el algoritmo Simplex



del método y ver de cuando en cuando donde vamos, porque para eso la tenemos. Los pasos coinciden con los números de la gráfica.

1. La parte más difícil del problema es su planteamiento en forma matemática. Es frecuente que un empleado diestro (o una computadora) sea capaz de hacer los cálculos, pero el verdadero talento está en la correcta fase del planteamiento.

2. Como en cada iteración se necesitan muchos cálculos, es esencial que las ecuaciones se pongan en forma que los cálculos sean lo más cómodos posible. Hay un buen método sistemático para hacerlo así y más adelante lo veremos.
3. El simplex es un procedimiento iterativo o de ciclo en que se añaden nuevos factores y se suprimen otros y se hacen evaluaciones a cada paso. Acontece la evaluación del problema tal y como se propuso al principio.
4. En este paso se elige el nuevo factor.
5. En éste se elige el factor a suprimir.
6. El problema se resuelve aquí en realidad.
7. La solución se valora para determinar si ha concluido el ciclo o si hay que continuar, volviendo al paso 4 y empezar con el problema otra vez.

Podrá no parecer en la gráfica ni en las explicaciones, pero hay tres pasos del problema que pueden repetirse una y otra vez. - El primero es la determinación de la columna de pivote; el segundo la de la línea de pivote y el tercero la solución de ecuaciones simultáneas. Hay que tenerlas presentes pero no hacerlas todas a la vez. - Empecemos con los pasos del algoritmo.

#### PASO 1: Expresión del Problema en Forma Matemática.

Volviendo al ejemplo anterior observemos que el problema -- tiene dos partes:

Restricciones, o sea el sistema de ecuaciones que expresan la cantidad de material que puede producirse en determinado tiempo. -  
 Función objetiva, o sea la ecuación que expresa el beneficio.

Restricciones:

$$U: 15 \text{ min./pza.} \times x_1 \text{ pzas.} + 6 \text{ min./pza.} \times x_2 \text{ pzas.} \leq 4,320 \text{ min.}$$

$$P: 9 \text{ min./pza.} \times x_1 \text{ pzas.} + 10 \text{ min./pza.} \times x_2 \text{ pzas.} \leq 3,240 \text{ min.}$$

$$S: 4 \text{ min./pza.} \times x_1 \text{ pzas.} + 20 \text{ min./pza.} \times x_2 \text{ pzas.} \leq 4,800 \text{ min.}$$

Función Objetiva:

$$4. \quad \$40/\text{pza.} \times x_1 \text{ pzas.} + \$10/\text{pza.} \times x_2 \text{ pzas.} = Z \text{ (dólares)}$$

Condición de no negativa:

$$5. \quad x \geq 0 \text{ para toda } x .$$

Antes de terminar con este paso veamos otro aspecto del problema, el de las desigualdades, mayor que ( ) y menos que ( ), que podrían causar problemas, pero no necesariamente, ya que podemos transformarlas en igualdades quitando cierta holgura. Estas variables no negativas que se añaden como la holgura forman vectores de holgura en que reconoceremos una matriz de identidad.

$$U: 15 \text{ min./pza.} \times x_1 \text{ pzas.} + 6 \text{ min./pza.} \times x_2 \text{ pzas.} + x_3 \text{ pzas.} = 4,320 \text{ min.}$$

$$P: 9 \text{ min./pza.} \times x_1 \text{ pzas.} + 10 \text{ min./pza.} \times x_2 \text{ pzas.} + x_4 \text{ pzas.} = 3,240 \text{ min.}$$

$$S: 4 \text{ min./pza.} \times x_1 \text{ pzas.} + 20 \text{ min./pza.} \times x_2 \text{ pzas.} + x_5 \text{ pzas.} = 4,800 \text{ min.}$$

Las variables de holgura tienen importancia en la realidad y pueden representarse en forma de producto impaginario sin beneficio. Estos artículos que no producimos no causan desgaste en las máquinas, ni costos por salarios, ni consumen material. Los vectores de holgura a veces se llaman vectores de sobre o actividades superfluas. Como hemos señalado, estos vectores de holgura forman una identidad o matriz unitaria que proporciona una base de partida, siendo la base de  $m$  variables no puestas iguales a cero.

Si estas restricciones se ponen en forma de igualdades y no hay una identidad disponible, se pueden emplear variables artificiales para tener una base. En este caso, para aumentar la función objetiva hace falta la asociación con las variables artificiales de grandes valores negativos de "beneficio", que no hay para qué especificar, a fin de garantizar que el vector no entrará en la solución óptima.

Hay otra aplicación de la variable artificial cuando una ecuación contiene un valor negativo. Por ejemplo, si  $x_4$  fuera precedido de un signo negativo, se interpretaría como que  $x_4 = -3,240$ , lo cual sería un problema imposible de resolver. Puede forzarse una solución inicial de la forma correcta añadiendo una variable artificial,  $x_6$ , debe atribuírsele un gran beneficio negativo.

Hay que suscitar otro punto mientras estamos viendo la presentación matemática del problema. Hasta ahora se ha supuesto que estamos aumentando lo funcional, pero hay también casos en que esto deba reducirse. El paso de una situación a la otra es fácil de hacer cambiando sencillamente los signos. Por ejemplo,

$$\begin{array}{l} \text{es lo mismo que } \\ \begin{array}{r} c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_n x_n = \text{máx.} \\ -c_1 x_1 - c_2 x_2 - \dots - c_n x_n = \text{mín.} \end{array} \end{array}$$

Hasta aquí hemos examinado un problema típico y como se p<sup>o</sup>

ne en forma matemática, pero para operaciones repetidas se necesitaría una forma más simple.

#### PASO 2: Planteamiento en Forma Tabular.

El método Simplex requiere soluciones repetidas o iteraciones. Esto significa que el problema debe plantearse o redactarse -- una y otra vez. Esto es aburrido y por eso tratamos de simplificar la mecánica de presentación de las ecuaciones.

En primer lugar no es necesario enunciar (no digamos repetir) las dimensiones de las variables. Mientras todas las entradas se coloquen una bajo otra, bastará con designar la columna. También es más cómodo invertir las ecuaciones y cambiar ligeramente su orden para que queden en la forma corriente del Simplex.

cj					\$10.00	\$40.00
	P <sub>0</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>
	4320	1			15	6
	3240		1		9	10
	4800			1	4	20

Las líneas dobles verticales reemplazan a los signos de -- igual, las sencillas a los de más y los espacios en blanco representan ceros. Nótese que los factores de la función objetiva están situados encima de sus respectivas columnas P de la línea c<sub>j</sub>. En una forma muy abreviada tenemos aquí expuesta toda la información contenida en las ecuaciones originales.

#### PASO 3: Valorando la Primera Solución.

Por fortuna, en el modo como se planteó el problema originalmente hay una solución inicial. Sin explicar de momento el porqué ponemos las columnas P<sub>1</sub> y P<sub>2</sub> iguales a cero. Así no contribuyen en nada a nuestra solución. Puede interpretarse la solución como que se producen 4,320 P<sub>3</sub>, 3,240 P<sub>4</sub> y 4,800 P<sub>5</sub>. Debemos recordar que los valores de beneficio para P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub> y P<sub>5</sub> son cero. El hecho de que éstas P sean las empleadas en la solución se indica poniendo las P debidas en la columna variable de base. Los valores de beneficio para los productos P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub> y P<sub>5</sub> se ponen por comodidad en la columna objetiva. El beneficio total para esta solución es  $(4,320 \times 0) + (3,240 \times 0) + (4,800 \times 0) = Z$ , que naturalmente, no es nada.

#### PASO 4: Determinación de la Primera Columna Pivote.

Como esta solución inicial no engendra beneficio, es deseable pasar a una combinación que lo produzca. Se trata de saber cuál será la mejor. Para empezar sería bueno producir el artículo más --

beneficioso y, explorando los valores objetivos de línea se verá que el mejor es P con \$40.00 de beneficio.

Nuestro cuadro inicial A, que damos a continuación, muestra qué vector hay que sacar del cuerpo y ponerlo donde pueda contar en la base. La cuestión es saber qué vector  $P_1$  o  $P_2$ , reemplazará a  $P_3$ ,  $P_4$  o  $P_5$  en la columna variable (En el paso 5 se da la respuesta a esto). -- Al final del paso 4 el cuadro presenta éste aspecto:

CUADRO A

$C_j$						\$10.00	\$40.00
$C_i$		$P_0$	$P_3$	$P_4$	$P_5$	$P_1$	$P_2$
0	$P_3$	4320	1			15	6
0	$P_4$	3240		1		9	10
0	$P_5$	4800			1	4	20
	Z						
	$Z_j$ $C_j$						

#### PASO 5: Determinación de la Línea de Pivote.

Debe tomarse la decisión relativa a que P reemplazar en la columna objetiva. La solución puede enunciarse fácilmente: producir el máximo de piezas que se pueda sin sobrepasar el tiempo disponible. El número de piezas que pueden producirse se halla dividiendo el tiempo disponible en cada departamento por el índice de la pieza.

$$\text{De la ecuación U: } \frac{4,320 \text{ min.}}{6 \text{ min./pza.}} = 720 \text{ pzas.}$$

$$\text{De la ecuación P: } \frac{3,240 \text{ min.}}{10 \text{ min./pza.}} = 324 \text{ pzas.}$$

$$\text{De la ecuación S: } \frac{4,800 \text{ min.}}{20 \text{ min./pza.}} = 240 \text{ pzas.}$$

Si se produjeran 720 piezas se rebasaría el tiempo en los departamentos P y S, y si se fabricarán 324 se sobrepasaría el tiempo en el departamento S. Por eso parece evidente que 240 piezas es el máximo que puede fabricarse. Se empleará todo el tiempo del departamento S y quedará un poco de tiempo sobrante en los departamentos U y P.

La línea a reemplazar es visiblemente la que tiene la razón positiva mínima que, entre paréntesis, suele llamarse theta ( $\theta$ ). Por comodidad puede ponerse esta theta al lado izquierdo del cuadro.

A continuación damos el cuadro antiguo. Con la línea de pivote y la columna de pivote dentro de líneas cerradas. La intersección de la línea de pivote y la columna de pivote se llama el pivote.

El valor de theta para la razón del tiempo disponible y la columna de pivote se ve en el extremo derecho.

Cuadro A							Columna de Pivote	
	$c_1$						\$10.00	\$40.00
0	$c_1$		$P_0$	$P_3$	$P_4$	$P_5$	$P_1$	$P_2$
$\frac{4320}{6} = 720$	0	$P_3$	4320	1			15	6
$\frac{3240}{10} = 324$	0	$P_4$	3240		1		9	10
$\frac{4800}{20} = 240$	0	$P_5$	4800			1	4	20
		Z						
		$Z_j - C_j$						

Pivote  
Línea de Pivote

#### PASO 6: Solución de Ecuaciones.

Teniendo la Columna y línea Pivote (Cuadro A) se procede a hacer cero la intersección de columna y línea pivote (por medio de matrices).

El Cuadro B sería el resultado de esta operación y se sacan las  $Z_j - C_j$ .

Se procede a sacar la línea y columna Pivote en el cuadro B con el mismo procedimiento anterior lo mismo  $\theta$ .

Cuando en la línea  $Z_j - C_j$  todos los valores son positivos, esta es la SOLUCION OPTIMA (Cuadro C).

	$c_j$						\$10.00	\$40.00	Check
$\theta$	$c_i$	Basis	$P_0$	$P_3$	$P_4$	$P_5$	$P_1$	$P_2$	
$\frac{4320}{6} = 720$	0	$P_3$	4320	1			15	6	4342
$\frac{3240}{10} = 324$	0	$P_4$	3240		1		9	10	3260
$\frac{4800}{20} = 240$	0	$P_5$	4800			1	4	20	4825
		$z_j$	0						
		$z_j - c_j$					-10.00	-40.00	

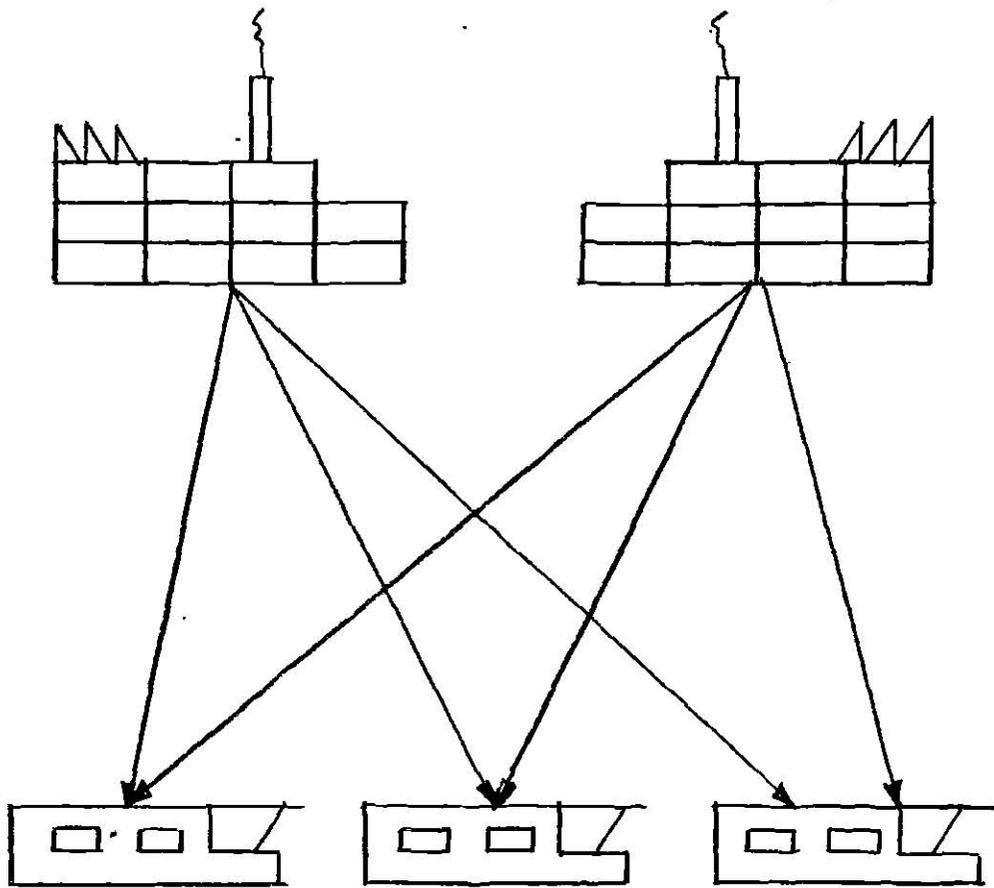
(B)

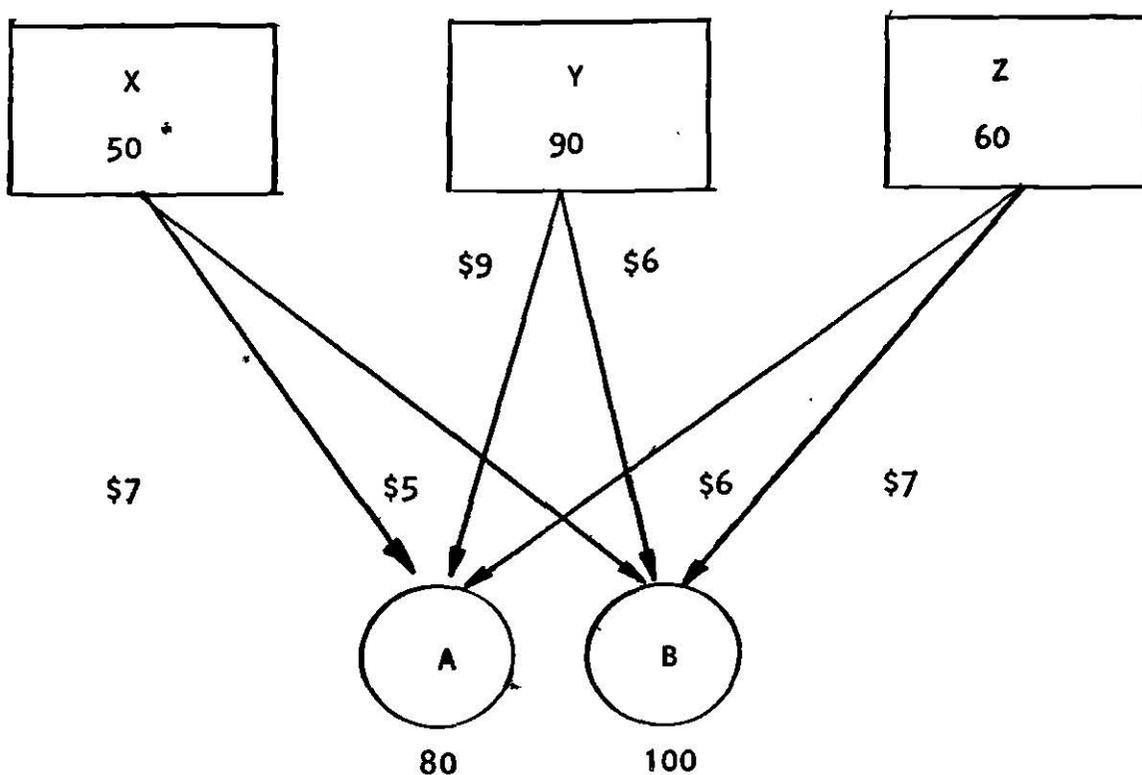
$\frac{2880}{13\frac{1}{2}} = 208\frac{16}{25}$	0	$P_3$	2880	1		$-\frac{7}{10}$	$13\frac{1}{2}$	0	$2894\frac{1}{2}$
$\frac{840}{7} = 120$	0	$P_1$	840		1	$-\frac{1}{2}$	7	0	$847\frac{1}{2}$
	40.00	$P_2$	240			$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{6}$	1	$241\frac{1}{20}$
		$z_j$	9600			2.00	8.00	40.00	
		$z_j - c_j$	9600			2.00	-2.00	00.00	

(C)

	0	$P_3$	1224	1	$-\frac{13}{20}$	$\frac{2}{25}$	0	0	$1223\frac{3}{25}$
	10.00	$P_1$	120	0	$\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{4}$	1	0	$121\frac{1}{4}$
	40.00	$P_2$	216	0	$-\frac{1}{20}$	$\frac{9}{10}$	0	1	$217\frac{1}{20}$
		$z_j$	9840		$+\frac{1}{20}$	$+\frac{11}{25}$	+10.00	+40.00	
		$z_j - c_j$	9840		$+\frac{1}{20}$	$+\frac{11}{25}$	00.00	00.00	

## método del transporte





$$1 \quad Ax + Ay + Az = 80$$

$$2 \quad Bx + By + Bz = 100$$

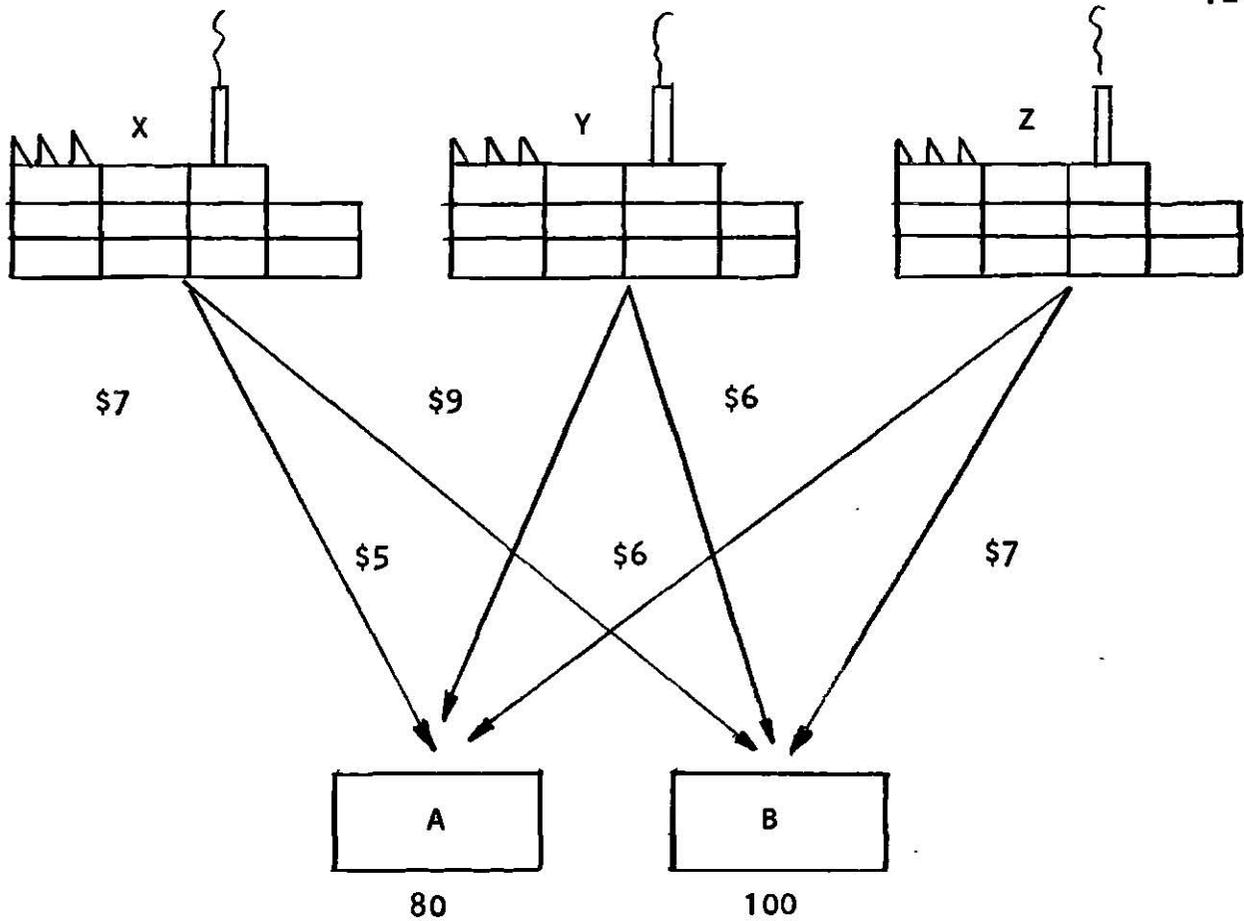
$$3 \quad Ax + Bx \leq 50$$

$$4 \quad Ay + By \leq 90$$

$$5 \quad Az + Bz \leq 60$$

$$6 \quad F = 7Ax + 9Ay + 6Az + 5Bx + 6By + 7Bz$$

F = función objetivo mínima



$$Ax + Ay + Az = 80$$

$$Bx + By + Bz = 100$$

$$Ax + Bx \leq 50$$

$$Ay + By \leq 90$$

$$Az + Bz \leq 60$$

$$F = 7Ax + 9Ay + 6Az + 5Ax + 6By + 7Bz$$

F = función objetivo mínima.

	A	B	Cap.
X			50
Y			90
Z			60
Nec.	80	100	

Correspondientes a cada renglón

$$7 \quad A_x + B_x \leq 50$$

$$8 \quad A_y + B_y \leq 90$$

$$9 \quad A_z + B_z \leq 60$$

Correspondientes a cada columna

$$(10) \quad A_x + A_y + A_z = 80$$

$$(11) \quad B_x + B_y + B_z = 100$$

Capacidad total 200

Necesidad total 180

PRIMERA TABLA

	A	B	S	Cap.
X	7	5	0	50
Y	9	6	0	90
Z	6	7	0	60
Nec.	80	100	20	<u>200</u>

	A	B	S	Cap.
X	7 50	5 alto	0	50
Y	9 30	6 60	0 alto	90
Z	6 alto	7 40	0 20	60
Nec.	80	100	20	<u>200</u>

$$\begin{aligned}
 F_{\min.} &= (7 \times 50) + (9 \times 30) + (6 \times 60) + (7 \times 40) + (0 \times 20) \\
 &= 350 + 270 + 360 + 280 + 0 \\
 &= 1,260
 \end{aligned}$$

	A	B	S	
X	7 50	5	0	50
Y	9 30	6 60	0	90
Z	6	7 40	0 20	60
Nec	80	100	20	<u>200</u>

avanzando a una solución óptima.....

	A	B	S	Cap
X	7	5	0	50
Y	9	6	0	90
Z	6	7	0	60
Nec.	80	100	20	<u>200</u>

Trayectorias no empleadas  $\sum_{A \rightarrow Z}$ ,  $B_x$ ,  $S_x$ ,  $S_y$

Costo para usar  $A_z = - 9+6 - 7+6 = - 4$

Costo para usar  $B_z = - 6+5 - 7+9 = + 1$

	A	B	S	Cap.
X	7 ○ 2 50	5	0 ?	50
Y	9 30	6 ○ 3 60	0 1	90
Z	6	7 ○ 40	0 20	60
Nec.	80	100	20	<u>200</u>

$$\text{Costo neto de } S_x = -0+0 - 7+9 - 6+7 = +3$$

$$\text{Costo neto de } S_y = -0+7 - 6 + 0 = +1$$

	A	B	S	Cap.
X	7 50	5 + 1	0 + 3	50
Y	9 30	6 60	0 + 1	90
Z	6 (-4)	7 40	0 20	60
Nec.	80	100	20	<u><u>200</u></u>

un signo negativo nos indica un ahorro

	A	B	S	Cap
X	7 50	5	0	50
Y	9 30	6 30+60	0	90
Z	6 30	7 40-30	0 20	60
Nec	80	100	20	<u>200</u>

	A	B	S	Cap
X	7 50	5	0	50
Y	9 30	6 90	0	90
Z	6 30	7 10	0 20	60
Nec.	80	100	20	<u>200</u>

$$F_{\min} = (7 \times 50) + (6 \times 30) + (6 \times 90) + (7 \times 10) + (0 \times 20)$$

$$= 1,140$$

$$F_{\text{anterior}} = 1,260$$

$$\text{ahorro neto} = 120$$

$$A_z = 4 \times 30 = 120$$

## PROGRAMACION LINEAL

### METODO DE INDICES

#### ILUSTRACION:

El problema es asignar 10 trabajos a 4 máquinas (Tabla 1) - siguiendo un programa que resulte en un número mínimo de horas-máquina. En la tabla 1, la línea punteada indica que el trabajo no puede ser efectuado por esa máquina, el tiempo subrayado es el mínimo.

Aplicando el método de índices se tiene que calcular:

1. Números índices (relación entre horas no óptimas de máquina y las horas-máquina óptimas (Tabla 3)).
2. Sumar para cada máquina las horas para las cuales esa máquina hace el trabajo más económicamente (Tabla 3).
3. Mover trabajos de las máquinas más económicas a otra, - empezando con la combinación trabajo máquina con el número índice menor y efectuando el menor número de movimientos posibles hasta llegar a un balance razonable.

Movimientos subsecuentes son siempre hechos a la máquina -- con el siguiente menor número índice.

TABLA I  
HORAS REQUERIDAS PARA  
TRABAJOS EN MAQUINAS

No de Trabajo	N <sup>o</sup> DE MAQUINA			
	100	200	300	400
01	<u>10</u>	20	25	<del>45</del>
02	<u>18</u>	21	24	----
03	17	<u>17</u>	17	28
04	<u>16</u>	20	19	22
05	<u>12</u>	22	18	20
06	<u>16</u>	---	26	35
07	<u>12</u>	18	27	32
08	15	30	29	12
09	25	25	<u>14</u>	27
10	<u>18</u>	25	22	28
TOTAL	159	198	221	229

TABLA 2  
ASIGNACION DE LOS TRABAJOS POR  
INSPECCION

NO DE TRABAJO	No DE MAQUINA			
	100	200	300	400
01	10			
02	18			
03		17		
04	16			
05		22		
06			26	
07				32
08				12
09			14	
10	18			
TOTAL	62	39	40	44

**TABLA 3**  
**CALCULO DE INDICES Y ASIGNACION DE TRABAJO**

Nº DE TRABAJO	Nº DE MAQUINA			
	100	200	300	400
01	10	20(2.00)	25(2.50)	25(2.50)
02	18	21(1.17)	24(1.33)	--
03	17	17	17	28(1.65)
04	16	20(1.25)	19(1.19)	22(1.38)
05	12	22(1.83)	18(1.50)	
06	16	--	26(1.63)	35(2.19)
07	12	18(1.50)	27(2.25)	32(2.67)
08	15(1.25)	30(2.50)	29(2.42)	12
09	25(1.79)	25(1.79)	14	27(1.93)
10	18	25(1.39)	22(1.22)	28(1.56)
<b>TOTAL DE TRABAJOS MAS ECON.</b>	119	0	14	12 145
<b>MOV. 1 TRAB. 03</b>	$\frac{-17}{102}$	$\frac{+17}{17}$	$\frac{---}{14}$	$\frac{---}{12}$ ---
<b>MOV. 2 TRAB. 02</b>	$\frac{-18}{84}$	$\frac{+21}{38}$	$\frac{---}{14}$	$\frac{---}{12}$ +3
<b>MOV. 3 TRAB. 04</b>	$\frac{-16}{68}$	$\frac{---}{38}$	$\frac{+19}{83}$	$\frac{---}{12}$ +3
<b>MOV. 4 TRAB. 10</b>	$\frac{-18}{50}$	$\frac{---}{38}$	$\frac{+22}{55}$	$\frac{---}{12}$ $\frac{+4}{155}$

TABLA 4  
ASIGNACION FINAL DEL  
TRABAJO POR METODO INDICES

No DE TRABAJO	No DE MAQUINA			
	100	200	300	400
01	10			
02		21		
03		17		
04			19	
05	12			
06	16			
07	12			
08				12
09			14	
10			22	
TOTAL	50	38	55	12

## ORGANIZACION DEL SISTEMA DE UNA COMPUTADORA:

La relación entre los cinco principales componentes de una computadora puede ser mejor comprendida examinando el diagrama del sistema mostrado en la Fig. 10-1.

Las siluetas usadas para las sugerencias de entrada y salida, una lectora de tarjetas perforadas para entrada y una impresora de líneas o máquina de escribir para salida, conectadas directamente a la computadora.

Muchos sistemas de computadoras pequeños tienen precisamente tal arreglo. Los sistemas de computadoras grandes y de alta velocidad pueden tener entrada de tarjetas y salida en impresora solamente por una conexión indirecta.

La información en cada tarjeta puede ser convertida por una máquina independiente o la computadora a la cinta magnética la cual es entonces usada como una cinta de entrada. Además, la información en la cinta de salida puede ser convertida por una máquina independiente y desplegar una línea a la vez en una impresora. Este tipo de sistema está esquematizado en la Fig. 10-2.

## MEMORIA:

La memoria puede ser considerada para ser subdividida en unidades cada una iguales en capacidad para almacenar información.

Una propiedad característica de la memoria es una información destructiva y una obtención de datos no destructivos por ejemplo cada vez que una información se almacena con una palabra dada en la memoria, los contenidos de esa palabra son borrados en tanto que la nueva información es introducida.

Cuando la información es obtenida de una palabra dada en la memoria el contenido de esa sección de memoria en sí mismo permanece sin ser perturbado. De aquí la información puede ser obtenida de una sección dada de la memoria tantas veces como sea necesario sin destruir los contenidos de la palabra en sí misma.

Las características de la información destructiva y la obtención de datos no destructivos se ilustran en el ejemplo simple de intercambiar los contenidos de una palabra A y una palabra B en la memoria. Un procedimiento factible y uno no factible se muestran en la Fig. 10-3. Puede verse que al menos 3 pasos se requieren. Una tercera localización llamada T, se usa para almacenar la información temporalmente para evitar su destrucción, cuando el contenido de la palabra B se informa en la palabra A.

## OPERACION BASICA Y USO DE COMPUTADORES:

Nosotros podemos obtener una guía en la cuestión de como usar una computadora si examinamos el proceso que ocurre dentro de la máquina

na durante su operación real. La clave de la operación es el componente a que nos hemos referido antes como "unidad de control". Este aparato es capaz de asimilar, por medio de una obtención de datos no destructiva, el contenido de palabras en la memoria, una después de la otra en una forma ordenada. Cada vez que la información de una palabra de la memoria se trae a la unidad de control es interpretada como una instrucción discreta y entonces se ejecuta.

El acto de ejecución en instrucción envuelve en poner en acción uno o más de los otros componentes principales de la computadora. De este modo si la instrucción es una orden para hacer un cálculo aritmético, la unidad aritmética y la memoria pueden verse envueltas.

Si es una instrucción de entrada la lectora de tarjetas o la cinta de entrada, como puede ser el caso, es activada y la información es canalizada de ese dispositivo a ciertas localizaciones en la memoria las cuales reciben esta información.

Naturalmente esta descripción concisa de la operación está demasiado simplificada. Nosotros podemos sin embargo suponer la siguiente sin detalle adicional: El uso de una computadora envuelve un proceso al cual de algún modo los lugares en la memoria en una secuencia de instrucciones en el orden en que serán recogidas, interpretadas y ejecutadas. Una serie de instrucciones así arregladas que ejecute llevar a efecto una asignación particular, deberá ser llamado programa.

#### LA NATURALEZA DE LAS INSTRUCCIONES DE LA COMPUTADORA:

Las instrucciones mismas son codificaciones numéricas o alfabéticas las cuales mientras están en la memoria son indistinguibles de cualquier otra clase de información almacenada allí. Ellas son reconocidas e interpretadas como instrucciones solamente cuando son llevadas dentro de la unidad de control.

Si son llevadas a la unidad aritmética en cambio, ellas pueden ser operadas aritméticamente y son con la cual cambiadas dentro de otras instrucciones. La posibilidad de que algunas instrucciones de un programa puedan llevar a cabo la alteración de otras instrucciones en el mismo programa sugiere que una computadora digital posee una fuerza inherente de su consumada presteza. Esta capacidad de modificarse a sí misma, cuando es propiamente explotada resulta en programas los cuales requieren un reducido número total de instrucciones que podrían de otra manera ser esperados y permitir más programas, aun los complicados, para ser almacenados totalmente dentro de la memoria de la computadora.

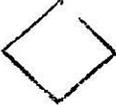
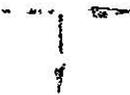
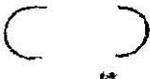
Cada tipo de computadora se distingue por su propio repertorio o lista de instrucciones las cuales la unidad de control es capaz de interpretar y ejecutar. El repertorio es generalmente arreglado y es suministrado como parte de la estructura del circuito por el diseñador de la computadora. En algunas máquinas hay varios cientos de instrucciones diferentes en el repertorio.

## DIAGRAMA DE FLUJO:

Una de las herramientas más importantes de la programación es el diagrama de flujo, que permite al programador planear la secuencia de las operaciones dentro de un programa previo a su escritura. En un problema, aunque moderadamente complejo, las interrelaciones dentro del programa resultan difíciles de esclarecer en nuestra mente sin alguna representación visual. El diagrama de flujo nos suministra esta ayuda. También facilita grandemente el intercambio entre programadores, por lo que resulta una parte muy valiosa en la documentación de un programa.

El diagrama de flujo está constituido por un conjunto de figuras, las cuales indican la naturaleza de la operación descrita en el interior de ellas, conjuntamente con líneas y flechas, que muestran el flujo del control entre las diferentes operaciones.

A continuación veremos algunos símbolos del diagrama:

	Una caja rectangular indica cualquier proceso de operación, excepto una decisión.
	Un rombo indica una decisión. Las líneas que parten de la caja de decisión son etiquetadas con los resultados de decisión que originan que se sigan cada una de las líneas.
	Una caja cuadrada indica un punto de iniciación o el parado de un programa.
	Un pequeño círculo indica la conexión entre dos puntos del diagrama de flujo, donde una línea que los uniera resultaría muy molesta.
	Las flechas indican la dirección del flujo al través del diagrama; cualquier línea que conecte las figuras deberá tener una flecha.
	Una caja ovalada indica una operación de entrada o salida (input or output.)

Para aclarar el uso del diagrama de flujo, desarrollaremos otro problema que comprenda la proposición IF. Supongamos que se nos requiere leer simplemente el valor de X, efectuar ciertas revisiones del valor de X y calcular el valor de Y, a partir de las siguientes ecuaciones:

$$Y = \begin{cases} 8.72 & \text{si } 0.0 \leq X < 10.9 \\ 16.19 & \text{si } 10.9 \leq X < 21.6 \\ 24.07 & \text{si } 21.6 \leq X < 50.00 \end{cases}$$

Si  $X < 0.0$  ó  $X \geq 50.0$ , pare sin calcular Y.

Un diagrama de flujo que indique el procedimiento para efectuar este tipo de problemas, se muestra en la Figura 10-4. Nótese que un signo de puntuación en una caja de decisión, implica una comparación, la naturaleza de la cual se muestra con las líneas que parten de la caja. La parada por error se muestra como "Stop". Pudiéramos desear estar capacitados para inferir de las luces de la computadora qué parada originó el alto; para este propósito están el 1 y el 2. El programa se muestra en la Figura 10-5.

En un problema tan sencillo como éste, no se destaca el poderío del diagrama de flujo, y, sin embargo, aún en este caso, puede verse que la secuencia de pruebas resulta mucho más clara que si el procedimiento fuese descrito con palabras. En problemas más complejos resulta casi imposible entender lo que realmente sucede sin un diagrama de flujo. Se recomienda ampliamente que el lector se familiarice con la técnica, para que la utilice con confianza.

Un diagrama de flujo que indique el procedimiento para efectuar este tipo de problemas, se muestra en la Figura 10-4. Nótese que un signo de puntuación en una caja de decisión, implica una comparación, la naturaleza de la cual se muestra con las líneas que parten de la caja. La parada por error se muestra con "Stop". Pudiéramos desear estar capacitados para inferir de las luces de la computadora qué parada originó el alto; para este propósito están el 1 y el 2. -- El programa se muestra en la Figura 10-5.

En un problema tan sencillo como éste, no se destaca el poder del diagrama de flujo, y, sin embargo, aún en este caso, puede verse que la secuencia de pruebas resulta mucho más clara que si el procedimiento fuese descrito con palabras. En problemas más complejos, resulta casi imposible entender lo que realmente sucede sin un diagrama de flujo. Se recomienda ampliamente que el lector se familiarice con la técnica, para que la utilice con confianza.

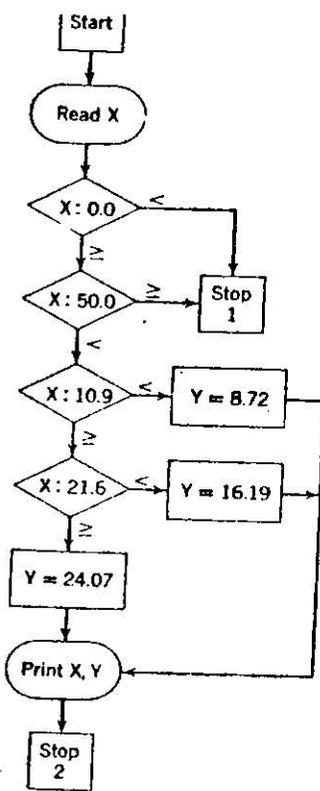


Figura 04. Diagrama de flujo del programa de la figura 05.

C FOR COMMENT		FORTRAN STATEMENT	72
STATEMENT NUMBER			
1	5 6 7	READ, 18, X	
18		FORMAT, (F10.0)	
		IF(X, 20, 21, 21	
21		IF(X, 50., 22, 20, 20	
20		STOP 1	
22		IF(X, 10.9), 23, 24, 24	
23		Y = 8.72	
		GO TO 30	
24		IF(X, 21.6), 25, 26, 26	
25		Y = 16.19	
		GO TO 30	
26		Y = 24.07	
30		PRINT, 19, X, Y	
19		FORMAT, (2E20.8)	
		STOP 2	
		END	

Figura 05. Programa del procedimiento para la evaluación de la fórmula del diagrama de flujo de la figura 04

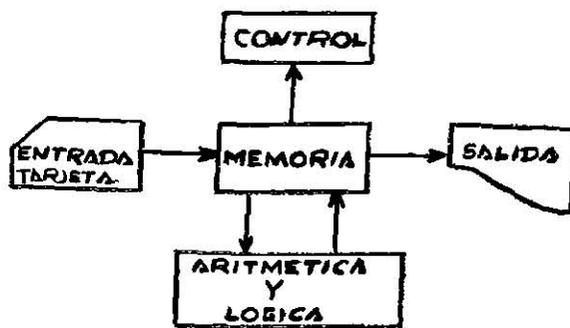


FIG. 10-1

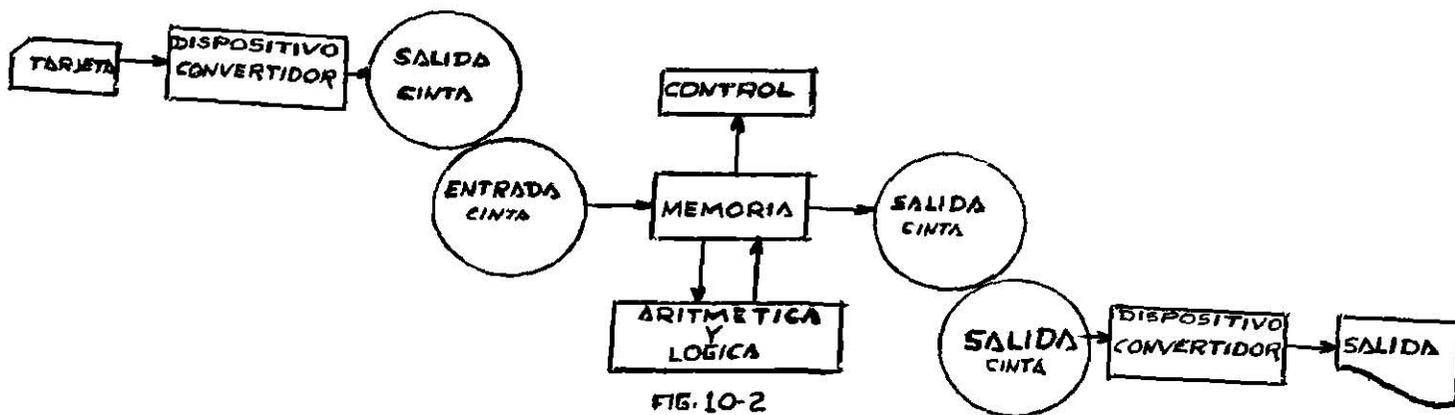


FIG. 10-2

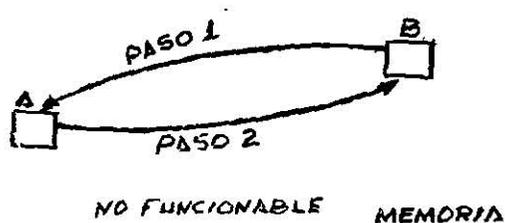
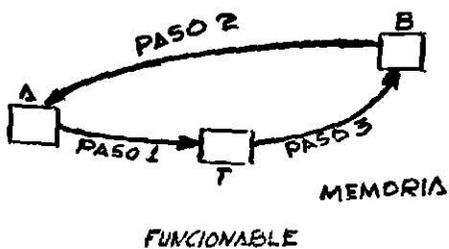


FIG. 10-3

## REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

1. INTRODUCTION TO INDUSTRIAL MANAGEMENT.  
Fifth Edition de Franklin E. Folts.
2. INTRODUCCION AL ESTUDIO DEL TRABAJO  
O.I.T.
3. CONTROL DE LA PRODUCCION.  
Sistemas y Decisiones. James H. Greene.
4. INDUSTRIAL ENGINEERING TABLES.  
S. Elion Van Nostrand.
5. APUNTES SOBRE INGENIERIA INDUSTRIAL.  
Del Tecnológico de Monterrey.
6. QUALITY CONTROL AND INDUSTRIAL STATISTICS.  
Acheson J. Duncab.
7. A FORTRAN RPIMER.  
Elliott I. Organick.
8. PROGRAMACION FORTRAN.  
Daniel D. Mc. Gracken.  
Editorial Limusa Niley, S.A., México, D.F.
9. E.L. GRANT, STATISTICAL QUALITY CONTROL.  
McGraw Hill Book Company, Inc. 3a. Ed.
10. E. C. MOLINA, POISSON'S EXPONENTIAL BINOMIAL LIMIT.  
D. Van Nostrand Company.
11. H. F. DODGE AND H. G. ROMIG "SAMPLING INSPECTION TABLES".  
John Wiley and Sons.
12. VALUACION DE PUESTOS.  
E. Lanham.
13. VALUACION DE PUESTOS.  
Reyes Ponce.
14. PLANEACION Y CONTROL DE LA PRODUCCION.  
Centro de Productividad.
15. PRODUCTION AND INVENTORY CONTROL.  
G. W. Plossl & O. W. Wight.
16. ADMINISTRACION Y DIRECCION TECNICA DE LA PRODUCCION.  
Elwood S. Buffa.

