

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA



CONTROL DE CALIDAD APLICADO
A LA PEQUEÑA Y MEDIANA INDUSTRIA

TESIS

QUE EN OPCION AL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ADMINISTRADOR

PRESENTA

NORBERTO PALACIOS LOZANO

MONTERREY, N. L.

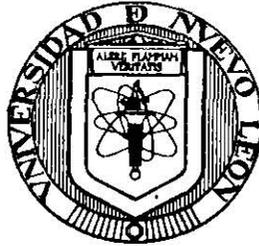
ENERO DE 1976

TL
TS156
.P35
1976
c.1



1080173950

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA



CONTROL DE CALIDAD APLICADO A
LA PEQUENA Y MEDIANA INDUSTRIA

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

NORBERTO PALACIOS LOZANO

MONTERREY, N. L.,

ENERO DE 1976

A MIS PADRES:

Patricio Palacios Méndez

Socorro Lozano de Palacios

Con gratitud y amor.

A MIS HERMANOS:

Con cariño.

A MIS COMPANEROS:

Romeo y Federico

Por su gran ayuda.

I N D I C E

Página

INTRODUCCION.

CAPITULO I

DISEÑO DE ESPECIFICACIONES Y TOLERANCIAS

1.1.- Materia prima.	1- 8
1.2.- Productos terminados.	1- 9

CAPITULO II

INVESTIGACION DE DEFECTOS POR PRODUCTO Y PROCESO

2.1.- Listado de defectos.	2- 3
2.1.1.- Materia prima.	2- 4
2.1.2.- Productos en proceso.	2- 5
2.1.3.- Productos terminados.	2- 5
2.2.- Clasificación de defectos.	2- 7
2.2.1.- Por atributos.	2- 9
2.2.2.- Por variables.	2-10

CAPITULO III

ANALISIS Y DISEÑO DE INFORMACION

3.1.- Procedimientos de inspección.	3- 5
-------------------------------------	------

	<i>Página</i>
3.2.- <i>Diseño y flujo de formas.</i>	3-13
3.3.- <i>El porqué de la inspección.</i>	3-37
3.4.- <i>Localización de zonas de inspección.</i>	3-39

CAPITULO IV

CONTROL DE CALIDAD A APLICACIONES CIENTIFICAS

4.1.- <i>Costos de calidad.</i>	4- 1
4.1.1.- <i>Significado e interpretación.</i>	4- 2
4.1.2.- <i>Clasificación de los costos.</i>	4- 6
4.1.3.- <i>Análisis gráfico.</i>	4-19
4.1.4.- <i>Presentación a la Administración Superior.</i>	4-25
4.2.- <i>Mejoramiento de la calidad.</i>	4-30
4.2.1.- <i>Análisis de Pareto.</i>	4-30
4.2.2.- <i>Análisis de precisión y fallas.</i>	4-37
4.2.3.- <i>Programas permanentes de los <u>pro</u>cesos de mejoramiento.</i>	4-43

CAPITULO V

FUNDAMENTOS ESTADISTICOS

CAPITULO VI

INVESTIGACION Y DISEÑO DE EXPERIMENTOS APLICADOS AL CONTROL DE LA CALIDAD.

6.1.- Pruebas de hipótesis	6- 4
6.1.1.- Una media y dos medias.	6-10
6.1.2.- Una varianza y dos varianzas.	6-17
6.1.3.- Una proporción y varias proporciones.	6-23
6.2.- Ajuste de curvas.	6-27
6.2.1.- Mínimos cuadrados.	6-31
6.2.2.- Regresión curvilínea y múltiple.	6-38
6.2.3.- Correlación.	6-47

CAPITULO VII

GRAFICAS DE CONTROL

7.1.- Por variables.	7- 5
7.2.- Por atributos.	7-13

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

APENDICE

BIBLIOGRAFIA.

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

En la actualidad, es muy común encontrar que en la pequeña y en la mediana industria no se le otorga la importancia requerida al control de calidad de los productos durante su proceso. El argumento principal de las perso--nas responsables o directores de estas pequeñas empresas - es que la creación de un departamento de control de cali--dad en su fábrica, tomando en consideración los costos en los que se incurre no es conveniente a sus intereses.

Contínuamente nos encontramos en las grandes in--dustrias ó en fábricas de artículos cuya calidad debe ser máxima, que cuentan con un departamento de control de cali--dad formado por un gran número de personas así como de instrumentos y herramientas, y en consecuencia los costos involucrados son de magnitud considerable, pero de necesidad indudable.

Ahora bien, si en cualquier empresa no se cuenta con un control de calidad adecuado, ésto nos trae como consecuencia más costos quizá de los que nos ocasionaría un - departamento de control de calidad, ya que se incurre en: costos por devoluciones, costos de desperdicio de material por mal diseño de especificaciones y tolerancias, se pier-

de la continuidad del proceso de producción y se produce una reducción en el nivel de ventas.

En el caso de la pequeña y mediana industria no es necesario tener un departamento para llevar un control de calidad máximo, pero sí es necesario establecerlo para obtener una calidad óptima, con la cual el producto satisfaga las necesidades principales y adecuadamente de ambas partes, productor y consumidor.

El control de calidad en toda industria debe tener la importante colaboración de todos los trabajadores - que ejecutan el proceso de elaboración de sus artículos ya que las principales causas de los defectos en la calidad - de los productos se deben a: operarios y maquinarias. Las causas de las máquinas se pueden evitar o corregir teniendo un adecuado sistema de mantenimiento de las mismas y - las causas de los operarios, falta de conocimientos, falta de elementos de trabajo y falta de atención, se pueden corregir respectivamente mediante un adiestramiento, con inspección constante de herramientas y con el elemento correctivo principal, que es la motivación.

A la motivación se le denomina el elemento correctivo principal, ya que, si existe, la reacción del tra

bajador será operando con más arte, más productividad y una superior actitud en todos los aspectos ante la labor que se le ha asignado, o sea que motivación, es hacer que el individuo sepa la razón de su propia presencia dentro de la organización, la importante relación que su trabajo tiene con el producto final.

La motivación se puede aplicar a los empleados, ofreciéndole responsabilidad, desarrollo, goce del trabajo en sí y un merecido reconocimiento, para que trabaje eficazmente con un trabajo retador.

En el desarrollo de los siguientes capítulos observaremos más a fondo lo que es un departamento de control de calidad y su importancia como uno de los factores principales, para el mejor desempeño de los productos, en una pequeña o mediana industria.

CAPITULO I

DISEÑO DE ESPECIFICACIONES Y TOLERANCIAS

En tiempos pasados, las sociedades no encontraban necesario hacer especificaciones acerca de los productos, materiales, etc., con los cuales hacían transacciones comerciales, ya que no eran de vital interés puesto que, se observaban a simple vista. Con la expansión industrial y comercial de nuestros tiempos, ha ido evolucionando el concepto de especificación y su importancia primordial, tanto en uno como en el otro, de estos grandes sectores de la economía actual.

En el medio industrial, el concepto "especificación", se entiende como "el estandar de las características del producto ó material descrito", ó sea que consiste en una descripción escrita, un dibujo, una fotografía, una muestra física, una instrucción oral, etc., del artículo a especificar.

Las especificaciones son usualmente el juicio y la base a seguir en un producto ó material del departamento de ingeniería ó diseño, ya que todos los productos requieren alguna forma de ingeniería, diseño, ó disposición

en la forma del trazado que cubran las necesidades comerciales y del proceso.

Las especificaciones son requeridas principalmente por los siguientes departamentos:

- a) MERCADO.- A causa de las necesidades del consumidor y el requerimiento de ventas.
- b) GERENCIA.- Debido a la política sobre la calidad de los productos a presentar.
- c) PRODUCCION.- Para la mejor utilización del equipo y para el desarrollo de especificaciones más convenientes.
- d) INGENIERIA.- Porque requiere habilidad para crear, analizar y diseñar el más simple y efectivo mecanismo, para que sea más económico el producto y de fácil adquisición para el cliente.

El contenido de especificaciones de materiales o

productos, ha llegado a ser altamente estandarizado y ésto ha simplificado el trabajo descriptivo de los diferentes artículos.

Estos estandares se obtienen de diferentes fuentes, tales como sociedades profesionales, asociaciones industriales, estandarizadores gubernamentales, grandes consumidores, etc., y son de gran ayuda para los diseñadores en el cálculo de dimensiones y tolerancias, así como también reducen grandemente los problemas de inventario y obsolescencia.

El contenido de una forma o manual de especificaciones, por lo general incluye las siguientes características esenciales y sus tolerancias:

Título	Antecedentes históricos
Código	Desempeño del producto.
Lista del contenido	Definiciones
Autoridades concernientes	Características de calidad y mantenimiento.
Referencias	Métodos de pruebas y criterio para aceptación.
Instalación, almacenaje y uso.	Empaque y Protección.
Material con el que está hecho, peso, dureza.	Información del campo de servicio.

Características físicas
y químicas.

Se puede variar el contenido de estas listas de acuerdo a las características especiales del objeto a especificar, como confianza en el producto, disponibilidad, mantenimiento, seguridad, etc., y así facilitar el trabajo agilizando la estadística e historia del artículo.

Como se puede observar, al especificar dimensiones ó características, es necesario aclarar también el criterio para aceptación, ó límites máximo y mínimo, convenientes a nuestras necesidades, al cual se le conoce como tolerancia, y del que se hablará a continuación.

TOLERANCIAS.- Una definición sencilla de tolerancia es: el grado de variación admisible en las dimensiones ó características de un artículo dado.

La selección de tolerancias tiene un doble efecto en la economía de la calidad, primeramente afectan la aptitud para el uso del artículo especificado, así como también los costos del proceso (facilidad del manejo de herramienta) y los costos de calidad (equipo, inspección, revisión de material, rehabilitación de desperdicio, etc.).

Existen dos tipos de tolerancias, las unilaterales y las bilaterales. La tolerancia unilateral, nos indica que cualquier variación en las especificaciones de un artículo, es únicamente hacia una sola dirección del valor nominal ó dimensión básica, por ejemplo, la especificación de la longitud de una pieza es $30^{+0.007}_{-0.000}$ cms., como se puede ver la variación permisible es en una sola dirección, ó sea que la tolerancia es unilaterial. La tolerancia bilateral nos indica que la variación de especificaciones, puede ser en las 2 direcciones, ya sea hacia arriba ó hacia abajo, por ejemplo, $30^{+0.007}_{-0.007}$ cms..

Al implantar las tolerancias, se deben de evitar los extremos, se debe estar contra los límites de especificación demasiado liberales, así como también contra los demasiado exigentes. Algunas veces, reduciendo una tolerancia, hará más sencilla una operación posterior de ensamble, pero también puede hacer variar su costo, ya sea que el costo de la reducción de la tolerancia sea mayor que el ahorro por la simplificación de trabajo en la operación de ensamble. Esto da idea del principal factor para establecer tolerancias, el cual es "el balance propio entre el valor de precisión y el costo de precisión".

Algunos métodos usados para establecer toleran--

cías son el de a) "por precedentes", el de b) "sistemas es
tándares", los cuales, respectivamente, tratan de: a) el
uso de valores de experiencias anteriores, los cuales han
resistido la prueba del tiempo, probando que la práctica -
es un medio firme para obtener unas buenas tolerancias y -
b) la estandarización de los métodos de medición y toleran
cía, en compañías e industrias nacionales e internaciona--
les, los estándares pueden llegar a ser la base para el di
seño y la práctica de tolerancias, excepto para aquellas -
tolerancias las cuales requieran consideración especial.

Para el buen funcionamiento de una industria ó -
un departamento industrial, es definitivamente necesario -
contar con las especificaciones más completas y las tole--
rancias más reales. Una vez establecidas éstas se pueden
investigar al transcurrir el tiempo ó al hacer cualquier -
modificación haciéndose las siguientes preguntas:

- 1.- ¿Son absolutamente correctas?
- 2.- ¿Se han aplicado los métodos y procedimien--
tos ideales?
- 3.- ¿Se han empleado las técnicas modernas del -
control de calidad?

Acercándose lo más posible a las respuestas afirmativas de las preguntas anteriores, se contará con un - - buen sistema de especificaciones y tolerancias.

Queriendo observar un poco más práctico, el sistema de estándares de especificaciones y tolerancias vistos anteriormente, trataremos de aplicarlos, mencionando - el caso de una mediana industria, la cual consta de varios departamentos de proceso del artículo principal, que son:

Depto. de tejido de alambre.

Depto. de prensas.

Depto. de fundición.

Depto. de ensamble de paneles.

Y para los cuales enunciaremos sus especificaciones llevando el mismo orden lógico de su proceso, empezando por el recibimiento de "materia prima", continuando con el "producto en proceso" y finalizando con el "producto terminado".

Especificaciones en materia prima.

Acero alambre

Norma SAE

Acero 1010

Carbón = 0.08 a 0.13

Mn = 0.30 a 0.60

P = 0.04 máximo (fósforo)

S = 0.05 máximo (azufre)

Especificaciones del alambre de 0.635 cm. para estiraje

No. de calibre	Diámetro mm.
8	4.115
1/4	4.039
1/2	3.937
3/4	3.861
9	3.767
1/4	3.683
1/2	3.607
3/4	3.505
10	3.429
1/4	3.327
1/2	3.251
3/4	3.150
11	3.061
1/4	2.972
1/2	2.870
3/4	2.769
12	2.680
1/4	2.591
1/2	2.515
3/4	2.413

Lámina Negra (acero 10-105) calibre 47.9425 cm \pm 0.0127 cm.

Especificaciones en productos terminados.

Cachucha simple

Clave	Para poste D.E.	Emp. est.
CCA-3	33 mm	350
CCA-4	42 mm	250
CCA-5	48 mm	200
CCA-6	60 mm	150
CCA-7	73 mm	100
CCA-8	89 mm	50
CCA-9	102 mm	50
CCA-10	114 mm	25

Cachucha simple "nuez"

Clave	Para poste D.E.	Emp. est.
CBA-3	33 mm	350
CBA-4	42 mm	250
CBA-5	48 mm	200
CBA-6	60 mm	150
CBA-7	73 mm	100
CBA-8	89 mm	50
CBA-9	102 mm	50
CBA-10	114 mm	25

Cachucha marco

Clave	Para poste D.E.	Abertura de marco D.E.	Emp. est.
CMA-43	42 mm	33 mm	200
CMA-53	48 mm	33 mm	100
CMA-54	48 mm	42 mm	100
CMA-64	60 mm	42 mm	100

Cachuchas de lujo

<i>Clave</i>	<i>Para poste D.E.</i>	<i>Emp. Est.</i>
CLA-600	60 mm simple	100
CLA-631	60 mm x 1 de 33 mm	100
CLA-632	60 mm x 2 de 33 mm	100

Cachucha marco para puntero

<i>Clave</i>	<i>Para poste D.E.</i>	<i>Abertura de marco D.E.</i>	<i>Emp. est.</i>
MOA-43	42 mm	33 mm	100
MOA-53	48 mm	33 mm	50
MOA-54	48 mm	42 mm	50
MOA-64	60 mm	42 mm	50

Juego cachucha marco-puntero

<i>Clave</i>	<i>Para poste D.E.</i>	<i>Abertura de marco D.E.</i>	<i>Emp.</i>
JMEA-43	42 mm	33 mm	50
JMEA-53	48 mm	33 mm	50
JMEA-54	48 mm	42 mm	50
JMEA-64	60 mm	42 mm	50

Puntero para esquina

<i>Clave</i>	<i>Para poste D.E.</i>	<i>Emp. Est.</i>
OEA-6	60 mm	25
OEA-7	73 mm	25
OEA-8	89 mm	10

Puntero doble

<i>Clave</i>	<i>Para poste D.E.</i>	<i>Emp. Est.</i>
ODA-700	73 mm	10
ODA-800	89 mm	10

Coples terminales simples.

<i>Clave</i>	<i>Para poste D.E.</i>	<i>Emp. est.</i>
CSA-3	33 mm	300
CSA-4	42 mm	200
CSA-5	48 mm	100

Conexiones

<i>Clave</i>	<i>Para tubo D.E.</i>	<i>Emp. est.</i>
UGP-3	33 mm	250
UGP-4	42 mm	150

Láminas de tensión

<i>Clave</i>	<i>Altura mts.</i>	<i>Largo lámina mts.</i>	<i>Emp. est.</i>
CTP-100	1.00	0.95	25
CTP-125	1.25	1.20	25
CTP-150	1.50	1.45	25
CTP-175	1.75	1.70	25
CTP-200	2.00	1.95	25
CTP-250	2.50	2.45	25
CTP-300	3.00	2.95	25

Agarraderas de tensión

<i>Clave</i>	<i>Para poste D.E.</i>	<i>Emp. est.</i>
ATP-3	32 mm	500
ATP-4	42 mm	500
ATP-5	48 mm	500
ATP-6	60 mm	300
ATP-7	73 mm	200
ATP-8	89 mm	200
ATP-9	102 mm	200
ATP-10	114 mm	200

Agarraderas de arranque

<i>Clave</i>	<i>Para poste D.E.</i>	<i>Emp. est.</i>
AAG-3	33 mm	500
AAG-4	42 mm	500
AAG-5	48 mm	500
AAG-6	60 mm	300
AAG-7	73 mm	300
AAG-8	89 mm	200
AAG-9	102 mm	200
AAG-10	114 mm	200

Agarraderas de arranque dobles

<i>Clave</i>	<i>Para poste D.E.</i>	<i>Emp. est.</i>
ADP-4	42 mm	150
ADP-5	48 mm	100
ADP-6	60 mm	75
ADP-7	73 mm	50

Amarres con seguro

<i>Clave</i>	<i>Para tubo D.E.</i>	<i>Tamaño aproximado</i>	<i>Emp. est.</i>
AMP-3	33 mm	14.0 cms.	500
AMP-4	42 mm	16.0 cms.	500
AMP-5	48 mm.	16.5 cms.	500
AMP-6	60 mm	21.0 cms.	500
AMP-7	73 mm	25.0 cms.	500

Seguros especiales

<i>Clave</i>	<i>Para marco D.E.</i>	<i>Emp. est.</i>
CEP-3	33 mm	500
CEP-4	42 mm	250
CEP-5	48 mm	250

Bisagra hembra

<i>Clave</i>	<i>Para marco D.E.</i>	<i>Emp. est.</i>
BHP-3	33 mm	250
BHP-4	42 mm	100
BHP-5	48 mm	100

Bisagra macho

<i>Clave</i>	<i>Para poste D.E.</i>	<i>Emp. est.</i>
BMP-3	33 mm perno de 1.5875	100
BMP-4	42 mm perno de 1.5875	100
BMP-5	48 mm perno de 1.5875	100
BMP-6	60 mm perno de 1.5875	100
BMP-7	73 mm perno de 1.5875	100

Bisagra industrial.

<i>Clave</i>	<i>Para poste D.E.</i>	<i>Para marco D.E.</i>	<i>Emp. est.</i>
BIP-64	60 mm	42 mm	20
BIP-65	60 mm	48 mm	20
BIP-74	73 mm	42 mm	20
BIP-75	73 mm	48 mm	20
BIP-84	89 mm	42 mm	20
BIP-85	89 mm	48 mm	20
BIP-104	114 mm	42 mm	20
BIP-105	114 mm	48 mm	20

Agarradera para cerradura industrial

<i>Clave</i>	<i>Para marco D.E.</i>	<i>Emp. est.</i>
AIP-4	42 mm	60
AIP-5	48 mm	60

Gancho picaporte

<i>Clave</i>	<i>Para marco D.E.</i>	<i>Emp. est.</i>
CPP-4	42 mm	20
CPP-5	48 mm	20

Gancho con porta candado

<i>Clave</i>	<i>Para marco o poste base D.E.</i>	<i>Emp. est.</i>
GCP-3	33 mm	100
GCP-4	42 mm	100
GCP-5	48 mm	100
GCP-6	60 mm	100
GCP-7	73 mm	100
GCP-8	89 mm	100
GCP-9	102 mm	100
GCP-10	114 mm	100

Porta gancho

<i>Clave</i>	<i>Para marco D.E.</i>	<i>Emp. est.</i>
PGP-3	33 mm	100
PGP-4	42 mm	100
PGP-5	48 mm	100
PGP-6	60 mm	100

Adorno

<i>Clave</i>	<i>Tamaño</i>	<i>Emp. est.</i>
APP-00	56 cms.	10

CAPITULO II

INVESTIGACION DE DEFECTOS POR PRODUCTOS Y PROCESO

Al querer lanzar un nuevo producto, después de haber analizado la mayoría de los factores principales como son: costos, maquinaria, mano de obra, utilidad, mercado potencial, etc., una de las grandes interrogantes del departamento de diseño e ingeniería es saber si el proceso de fabricación escogido es el óptimo, ó si existe otro en el cual se garantice menor cantidad de defectos ó, menores costos de reparación, al tener gran cantidad de defectos. Para conocer el proceso conveniente a aplicar en la fabricación de nuestro artículo, es necesario hacer una investigación exhaustiva de los defectos resultantes durante el proceso ó los defectos presentes en el producto ya terminado, reconociendo como defecto, toda falla al tratar de satisfacer los requisitos que se imponen a una pieza, con respecto a una característica de calidad.

La principal investigación y la única permitida antes de establecer el proceso ya que sería imposible e ilógico por cuestión económica, hacer funcionar varios procesos para escoger el más conveniente para nuestro producto, es la que por antecedentes ó referencias se hace de

otros procesos, que traten problemas de producción muy semejantes o iguales a los afrontados por nuestro sistema productivo, y a los cuales les han dado soluciones bastante aceptables. Con esta investigación y con la información obtenida de ella adoptamos un proceso en particular del cual desconocemos los defectos que nos puedan resultar pero tenemos una pequeña idea de los datos o referencias que teníamos de otros procesos.

Con el proceso ya instalado lanzamos una prueba piloto, la cual nos dará a conocer los defectos que seguramente serán más comunes. A estos productos piloto se les detectarán los defectos existentes y posibles mediante revisiones visuales, pruebas químicas, de resistencia, térmicas, etc.

Una vez conocidos los defectos posibles y existentes, se hacen los ajustes requeridos al proceso y se instala en nuestra planta de manera definitiva.

Es importante hacer notar que en las industrias o fábricas no muy grandes, no se cuenta con supervisores o existe número insuficiente de éstos por lo tanto, el operador tiene un papel directo sobre la calidad del producto, y es muy importante atraer la atención de éste hacia la ma

nera de evitar ó reducir los defectos, la forma más eficaz de atraer la atención es por medio de motivación.

Los programas de motivación pueden incluir lo siguiente: Pláticas diarias ó semanarias de personas capacitadas con el operador, estas pláticas deben ser de carácter explicativas ó informativas, deben darse explicaciones de tal manera que contraste el trabajo bueno y el malo. Algunas veces se pueden mostrar los defectos en un producto en carteles mencionando costos que acarrear ó mostrar también las quejas ó reclamaciones escritas del vendedor ó del consumidor.

En la explicación y demostración de los problemas que acarrear los defectos, ó en otras formas que impliquen crítica, se debe ser cuidadoso y evitar hacer la atmósfera tensa, suavizando la crítica, usando dibujos de humor u otras formas, de tal manera que el mensaje llegue efectivo en un estado de calma para mantener las relaciones humanas. Los dibujos pueden ser usados también en forma ingeniosa para explicaciones ó información de carácter técnico.

2.1.- LISTADO DE DEFECTOS.

Para poder planear el control sobre los defectos

presentes en el producto, ó componentes principales de éste, es necesario hacer un registro del total de defectos - presentes, ó que se hayan presentado en cualquier tiempo y hacer una clasificación de éstos, de acuerdo a la importancia ó gravedad con respecto a las características de nuestro proceso.

Como ejemplo de una lista de defectos, mencionaremos los posibles a presentarse en una industria de media capacidad de la cual hicimos mención en ejemplos anteriores. El listado se hará siguiendo la secuencia de sus diferentes etapas de proceso de fabricación.

2.1.1.- LISTADO DE DEFECTOS EN EL DEPARTAMENTO DE RECIBIMIENTO DE MATERIA PRIMA.

TUBERIA.-	MANCHAS
	TIERRA
	GOLPES
	CURVOS
	RECUBRIMIENTO
	MEDIDAS
ALUMINIO.-	ALEACION
	TONELADAS

LAMINA DE ACERO.-

CALIBRES

TONELADAS

MEDIDAS

TIPO ACERO

ALAMBRE.-

RECUBRIMIENTO

CALIBRE

TONELADAS

PLASTICO

CALIBRES PLASTICO

2.1.2.- LISTADO DE DEFECTOS EN EL DEPARTAMENTO DE PRODUCTOS EN PROCESO.

En esta etapa del proceso los defectos son muy poco significativos, debido a la brevedad del mismo y por lo tanto, se incluirían en la lista de defectos por producto terminado.

2.1.3.- LISTADO DE DEFECTOS EN EL DEPARTAMENTO DE PRODUCTOS TERMINADOS.

POSTERIA.-

SOLDADURA

LIMPIEZA

PINTURA

ALTURA

PANELES.-	CUADRO O MARCO PINTURA ESTIRADO DE TEJIDO ALTURA DE TEJIDO ADORNO Y ACCESORIOS
ACCESORIOS DE ALUMINIO.-	POROS PULIDO GRIETAS RESISTENCIA
ACCESORIOS DE LAMINA.-	CORTE MEDIDAS APARIENCIAS PUNZONADO FORMADO ROLADO
TEJIDO DE ALAMBRE.-	ALTURAS CALIBRES LONGITUDES RECUBRIMIENTO CUADRO

2.2.- CLASIFICACION DE DEFECTOS.

La tarea de efectuar una clasificación de defectos emplea por lo general mucho tiempo, ya que siempre - - existen muchos defectos por clasificar. La forma más propia de ahorrar algo de trabajo, es dar una definición, la más acertada y más completa, sobre cada una de las diferentes clases de defectos.

Durante la clasificación, se aclaran muchas confusiones, se encuentra que la gravedad de importantes defectos visuales no dependen mucho en sí el inspector puede verlo, sino en sí el consumidor puede verlo. También se sabe que algunas palabras que describen defectos, deben de ser subdivididas, dependiendo esto de la gravedad del defecto y su localización.

La principal clasificación que se debe de dar de los defectos, es aquella en la cual se clasifica el defecto, ya sea debido a una causa por "variables" ó a una causa por "atributos", entendiéndose por variables, cuando se lleva un registro sobre una medida real del defecto, tal como una dimensión expresada en milímetros; y por atributos, cuando su registro, muestra solamente el número de defectos que utilizaremos para aceptar ó rechazar el producto.

Después de haber efectuado esta principal clasificación, y tomando en cuenta que existe una gran diversidad de defectos en cuanto a su importancia y afectabilidad sobre el producto final, se hace una segunda clasificación de defectos por gravedad, ó sea clasificarlos en forma jerárquica, según el costo extra que se contraiga debido a su defecto.

La clasificación más común bajo estos preceptos se desarrolla como: Defectos críticos, defectos mayores y defectos menores.

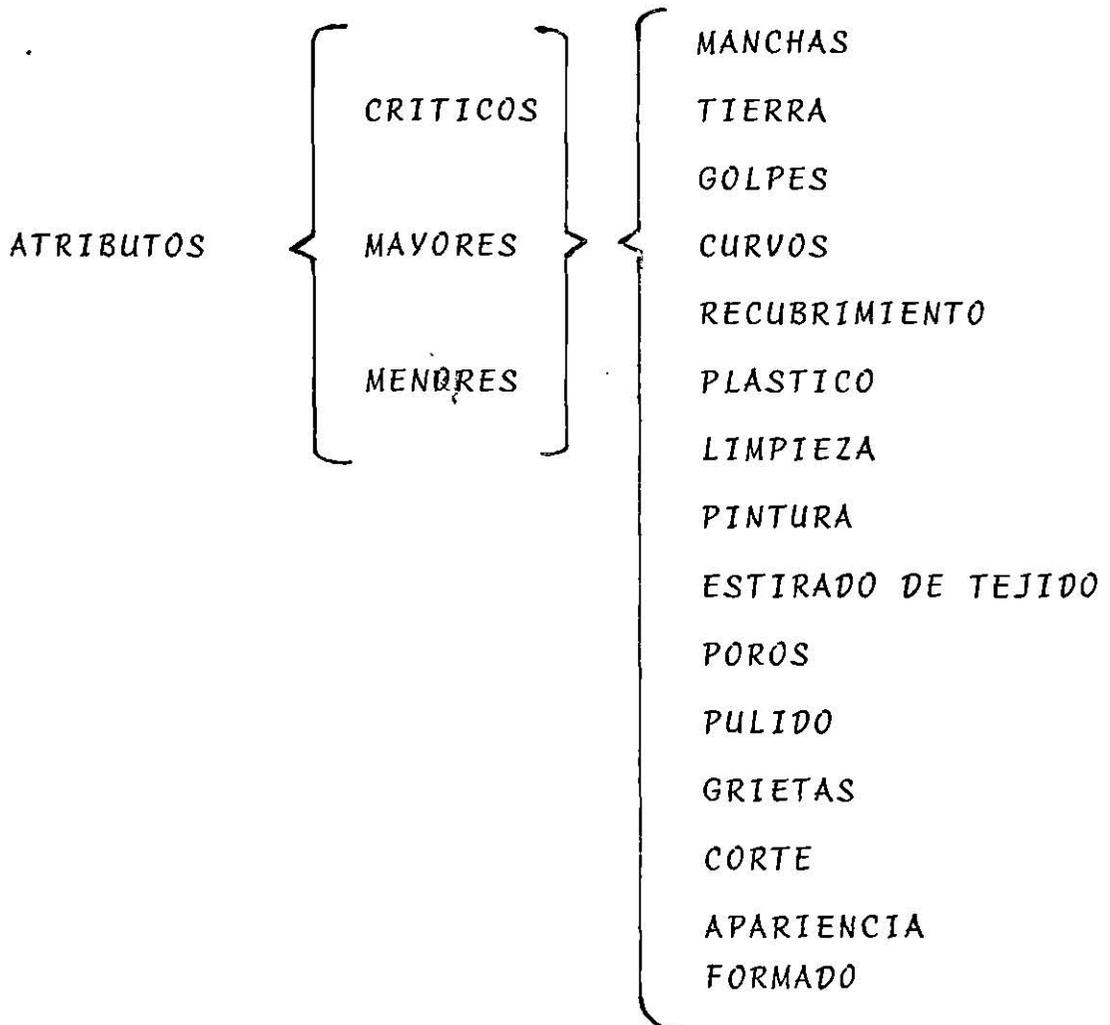
Defectos críticos.- Son aquéllos que amenazan la pérdida de vida ó propiedad, ó que hace que el producto no sea funcional, si esta fuera de los límites prescritos y su costo de reparación es muy elevado.

Defectos Mayores.- Son aquéllos que hacen que el producto deje de cumplir con la función intentada, si cae fuera de los límites prescritos y su costo de reparación es muy significativa.

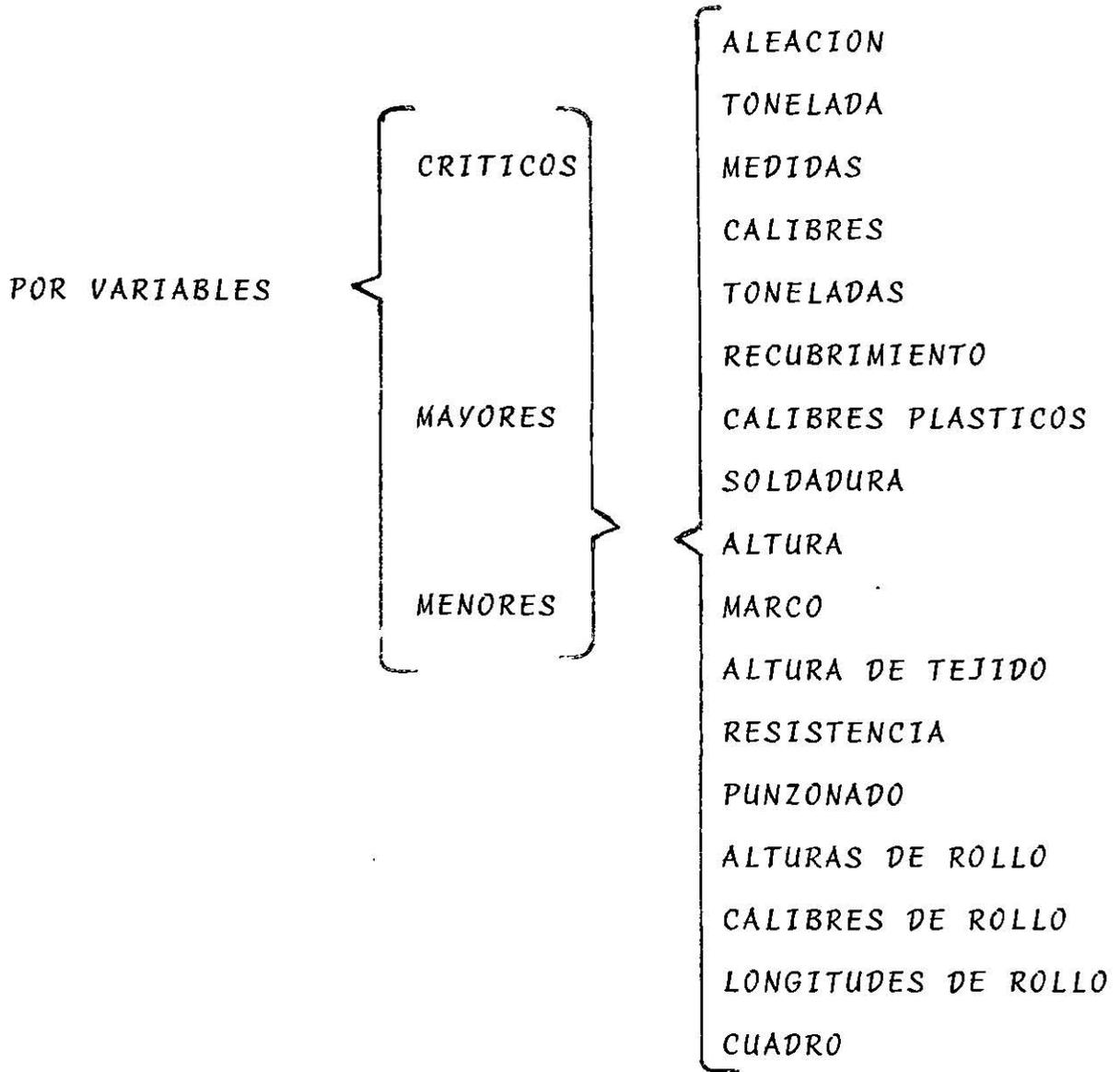
Defectos Menores.- Son los que hacen que el producto falle un poco en su función específica, si cae fuera de los límites prescritos y su costo de reparación es bajo.

A cada una de las anteriores clasificaciones, se les asigna un valor numérico al cual también se le puede llamar coeficiente del defecto, este valor variará con las condiciones particulares del producto. Estos valores pueden ser incluidos en los cálculos de las gráficas de control, de esta forma la gráfica estará en condiciones de reflejar el verdadero aspecto económico del proceso que se considere.

2.2.1.- CLASIFICACION DE DEFECTOS POR ATRIBUTOS.



2.2.2.- CLASIFICACION DE DEFECTOS POR VARIABLES.



CAPITULO III

ANALISIS Y DISEÑO DE INFORMACION

El sistema de reportes informativos suministra - el registro de datos necesarios al personal clave de cada una de las áreas funcionales. Se establecen procedimientos para analizar la información de acuerdo con operadores, supervisores de taller, ingenieros de producción y control de calidad, diseñadores, etc. Se incluyen formas que comprenden las responsabilidades relativas a actuaciones correctivas de acuerdo con las mediciones y con las bases seleccionadas para su comparación. Las formas para los reportes harán referencia a los objetivos siguientes: materiales por adquirir, su calidad y evaluación de ésta durante y al final del proceso, evaluación de la duración y confiabilidad de subproductos, inspección de calidad durante el proceso y a la salida del producto, fallas en el campo de operación y frecuencia de requerimientos de servicios, costos de calidad particulares para cada área o etapa del proceso.

Para el desarrollo de nuevas técnicas en medición, constantemente se están haciendo estudios especiales, dado la importancia de estas técnicas adaptables en equi-

pos mecanizados y automáticos de manufactura. Puede concebirse que los sistemas de información, consisten en las funciones básicas siguientes:

PROGRAMACION.- Consiste, en la fijación de la secuencia en la que las mediciones tienen que ser ejecutadas, el equipo por usarse para medir las características de calidad individuales, el procedimiento por seguir y los resultados que se buscan.

SELECCION.- Esta función se concreta a escoger el material, parte o producto que debe ser aprobado o inspeccionado. También debe incluir lo que habrá de hacerse con el material, parte o producto, cuando se haya terminado con su evaluación.

MEDIR.- Esta función se ocupa de la determinación de la serie de mediciones que se deben usar y efectuar en las características del producto o del proceso.

REGISTRO DE DATOS Y SU TRAMITACION.- Consiste en llevar el registro de mediciones pertinentes relativas a la calidad del producto o del proceso y tabular la información en una forma apropiada al análisis.

INFORMACION, ANALISIS, DECISION.- Esta función - consiste en comparar los cálculos requeridos con las mediciones de información y los resultados calculados con los resultados deseados, determinar su aceptabilidad individual y colectiva, y el establecimiento de la acción de corrección ó de control deseados.

COMUNICACION RETROSPECTIVA.- Se encierra en esta comunicación la acción correctiva ó de control por aplicar en las áreas correspondientes y, como consecuencia, se pide una indicación de que la medida adoptada se lleva a efecto.

CONTROL.- Radica en que la operación de corrección se verifique en el diseño del producto, en el proceso de fabricación ó en el material mismo, ya se trate de una pieza ó de un objeto completo.

La selección del resto del sistema de información en las funciones mencionadas como básicas, ya sea su desempeño manual ó utilizando equipo y procedimientos adecuados, será determinada por la práctica, ó sea dependiendo de condiciones particulares como: Situación económica, relación entre equipo y mano de obra, etc.

Los sistemas de información consistentes en las funciones básicas anteriormente definidas nos suministran datos sobre diferentes áreas funcionales. Esta información puede comprender desde: Instructivos y manuales sobre manejo de equipo, orientación sobre seguridad industrial, y especificaciones de todo tipo, hasta reportes o formas y procedimientos de inspección, los cuales contienen información muy necesaria para el conocimiento del alcance y control de la calidad en una industria, y son objeto principal de estudio en este capítulo.

Uno de los mayores beneficios que se derivan del servicio de la inspección, proviene de su capacidad para llevar prontamente a la dirección, la información sobre el estado real de las operaciones de fabricación, pudiendo corregir enseguida las faltas y las deficiencias del proceso y mantener en condiciones satisfactorias la maquinaria y las herramientas de inspección.

La inspección, es la medición de las características que se generan en un proceso de fabricación o que son inherentes a los materiales, o sea que es el acto o acción de comparar un producto con ciertas especificaciones aceptadas u otras normas reconocidas.

El objeto de esta inspección es observar si el producto se ajusta o no a la calidad estipulada y determinada dentro de ciertos límites, en las especificaciones o normas que previamente se han establecido.

3.1.- PROCEDIMIENTOS DE INSPECCION.

La inspección puede ser verificada por el operador que fabrica la pieza o componente, o bien por otra persona que sea directamente responsable de ejecutar las mediciones requeridas. La inspección debe tener la extensión suficiente para permitir la inspección del producto en todas las etapas de su producción en que la calidad pueda ser afectada o controlada. Esto no significa superabundancia de inspectores; solo debe haber los suficientes para obtener la información necesaria para permitir el control adecuado.

Es evidente que la inspección puede llevarse a cabo solamente después que el producto ha sufrido el ciclo de fabricación que lo ha llevado hasta la fase final descrita en las especificaciones. Esta inspección puede ser por medio de medición mecánica o eléctrica o bien visual y los resultados ser comparados con estándares establecidos.

La inspección puede consistir en una inspección 100% ó en una inspección sobre una muestra estadística de un lote, ó sea que las diferentes alternativas para decidir si se acepta ó se rechaza un lote, son:

- A) INSPECCION TOTAL.
- B) INSPECCION POR MUESTREO
- C) SIN INSPECCION

A).- INSPECCION TOTAL ó al 100%.- Se practica - por lo general en los procesos de fabricación de aquellos productos donde son muchas las probabilidades de variación en la calidad, cuando se demanda mayor exactitud en el producto, donde se procesan partes que requieren maquinado - exacto, en productos donde no deben de existir defectos, - porque los defectos que se presentan, son críticos.

Este tipo de inspección, consiste en revisar pieza por pieza individualmente cada una y según esto puede - ser criterio del inspector, basándose en las especificaciones ya establecidas, se decide si acepta ó rechaza esta - pieza únicamente, prosiguiendo a efectuar este mismo sistema para cada pieza a la que se tenga que efectuar esta inspección.

*Características para las cuales es posible una -
inspección 100% total:*

*Características de dimensiones suje-
tas a medida o calibrado de válido o no válido, de cumpli-
miento en el funcionamiento sujetas a pruebas no-destructi
vas, eléctricas, observables por inspección visual.*

*Algunos de los inconvenientes para este tipo de
inspección son, el alto costo contraído para poder llevar-
la a cabo, lo fatigoso en sí de la inspección cuando los -
artículos son similares, se puede rechazar material satis-
factorio.*

*B).- INSPECCION POR MUESTREO.- Es posible tomar
una porción del lote como evidencia de la calidad de un -
conjunto, por una sencilla razón, la variación, que es ine-
vitable en las piezas manufacturadas, sigue por lo general
la misma forma básica de todas las unidades que provienen
de un mismo origen de manufactura. Para determinar esta -
forma de distribución, no será necesario examinar todas -
las piezas que provienen de ese origen; su distribución se
puede establecer perfectamente después del examen de cier-
to número de unidades, en otras palabras por medio del - -
muestreo.*

El examen de las muestras se puede verificar por el procedimiento de pasa ó no pasa (por atributos), o sea, que consiste en determinar si las muestras cumplen con los requisitos de las especificaciones. También se puede efectuar por el sistema de mediciones, es decir, por variables, que consiste en la medición de las características de la calidad en cada una de las unidades de la muestra.

El muestreo únicamente fuerza la especificación de aquellas características que sean "críticas" y de aquellas tolerancias dimensionales que deben satisfacerse.

Las características para las cuales es posible una inspección por muestreo, son: pruebas de duración, de medición del período máximo de utilización, de cumplimiento en el funcionamiento, sujetas a pruebas destructivas, propiedades físicas de ruptura.

Por medio de este tipo de inspección, se puede lograr una considerable reducción de la monotonía de la operación de inspección al 100%. El problema de si se deberá aceptar ó rechazar un lote, basándose en el examen de las muestras tomadas al azar, es un asunto de considerable interés para el inspector. El rechazo drástico de lotes enteros sobre la base del número de defectuosos encontra-

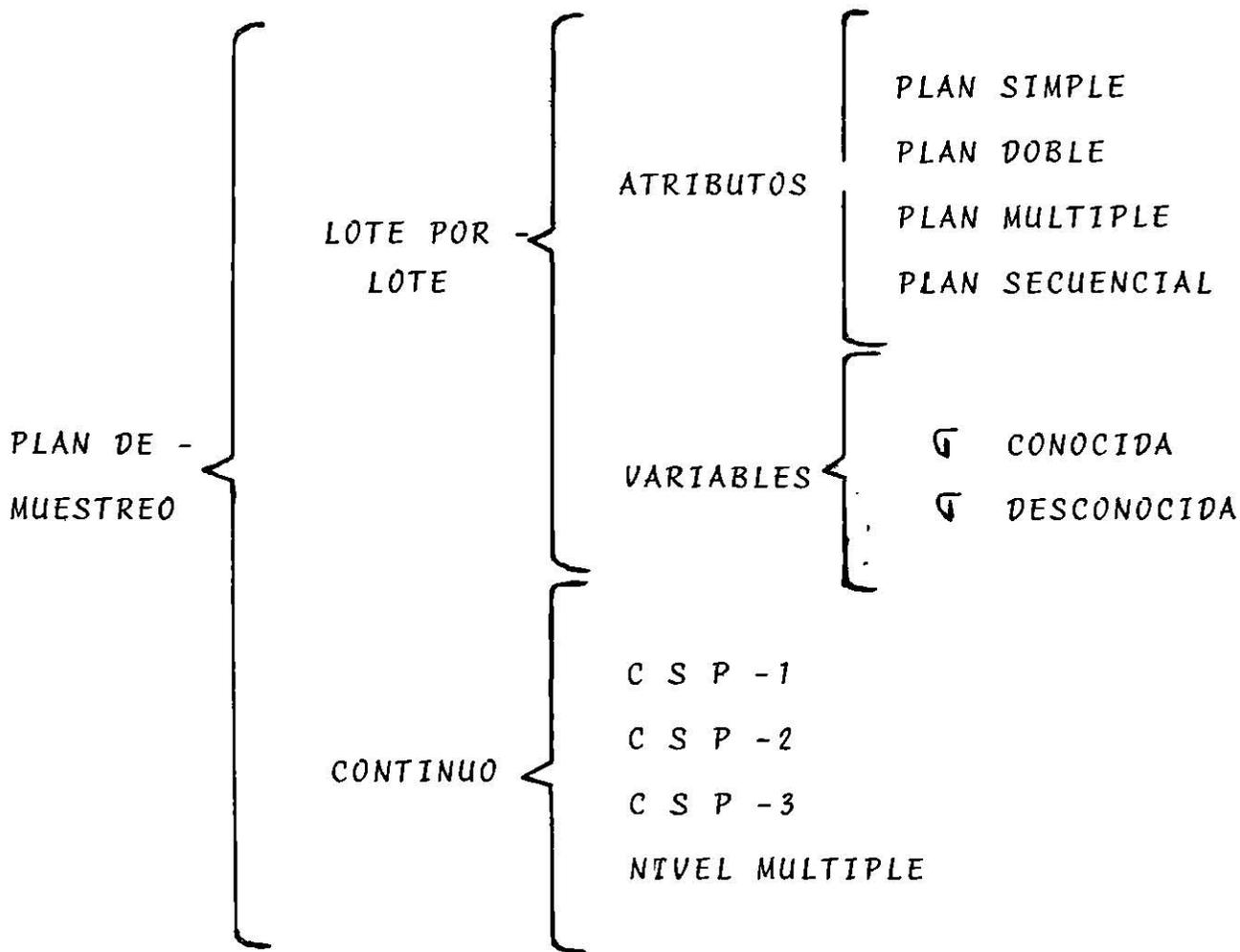
dos en las muestras, pueden traer mejoramientos impresionantes en la calidad de dicho producto, ya que motiva al trabajador a elevar su calidad individual en las operaciones que realiza.

La reducción material de trabajo que se obtiene por el muestreo, puede permitir un tiempo adicional para una inspección más garantizada y para llevar un más eficiente registro de la información.

Es por lo tanto, este tipo de inspección, debido a sus características, el más usado en todas las pequeñas, medianas y grandes industrias, ya que no depende en su totalidad del tamaño de la empresa, sino en los productos o semiproductos que se elaboran en ellas, y en la materia prima que se utiliza.

La inspección por muestreos, puede llevarse a cabo por el muestreo de lote por lote o sea cuando se analizan muestras de lotes de una producción, o por muestreo continuo, cuando las muestras no se pueden separar de un lote, ya que por el tipo de producción no es posible ya que la producción es continua. A la vez estos dos tipos de muestreo pueden llevarse bajo características por variables o por atributos. A continuación se muestran las dife

rentes subdivisiones de cada tipo de muestreo.



C).- NO INSPECCION.- No se puede considerar la no inspección como una alternativa de aceptación ya que al no inspeccionar se está aceptando toda la producción. El estudio preliminar para decidir la no inspección se tratará con el criterio comparativo entre el punto de equilibrio y el promedio de % de defectivos.

Un medio efectivo para conocer la alternativa más económica a seguir de: inspección 100%, muestreo, -

o no inspección, cuando se usan las tablas Mil-STD-105-A - es efectuando una comparación entre el punto de equilibrio particular y el promedio del % de defectivos. El punto de equilibrio se obtiene de la división del costo de inspección (por pieza) entre el costo de reparación (para el conjunto defectivo).

$$\delta \text{ sea: P.E.} = \frac{\text{COSTO DE INSPECCION}}{\text{COSTO DE REPARACION}}$$

El promedio del porcentaje de defectivos δ - la media defectiva del proceso se determinará con los valores de la inspección de varios lotes de piezas.

Al hacer la comparación, se pueden presentar cuatro situaciones generales:

A) Si el porcentaje defectivo casi - - coincide con el punto de equilibrio, lo económico será optar por el muestreo.

B) Si el porcentaje defectivo resulta un poco más alto que el punto de equilibrio se opta por - inspeccionar al 100%, no importando costos.

C) Si el porcentaje defectivo es bajo

comparado con el punto de equilibrio, se muestrea.

D).- Si el porcentaje defectivo es considerablemente más bajo que el punto de equilibrio, se puede prescindir por completo de la inspección.

Si el resultado de la comparación nos decide por un muestreo, la selección de este plan, será de acuerdo a la meta de calidad y su relación con el punto de equilibrio.

Al usar la tabla Mil-STD-105-A, la meta de calidad será el AQL. Se pueden aplicar dos métodos de selección de punto de equilibrio, éstos son:

1) Seleccionar el AQL más próximo ó igual al valor del punto de equilibrio, este método es el más generalizado.

2) Encontrar la relación entre el punto de equilibrio y el AQL, por medio de la siguiente tabla, - la cual permite el empleo más económico de las tablas de muestreo:

Puntos de Equilibrio			AQL	Puntos de Equilibrio			AQL
1/2	a	1%		4%	a	6%	4%
1%	a	13/4%	0.65%	6%	a	101/2%	6.5%
13/4%	a	3%	1%	101/2%	a	17%	10%
3%	a	4%	2.5%				

3.2.- DISEÑO Y FLUJO DE FORMAS.-

A menudo se hace mención, en cualesquier empresa de formas, las cuales son por demás variadas y se concretan de manera absoluta al uso para el cual fueron desarrolladas según especificaciones. Para un mejor entendimiento del diseño y flujo de formas, a continuación haremos explícito lo que es una forma en general.

¿ QUE ES UNA FORMA ?

Antes de delinear las responsabilidades de las formas de control, es más ideal definir primeramente el objeto a controlar, debe ser además mostrada como una "forma impresa" ó una "forma comercial". Una forma, es más que nada un objeto que tiene información constante impresa en ella y tiene espacios para introducir información variable. Esta es generalmente impresa en papel, por cualquiera de los medios de reproducción y debe ser construída

de algunas partes similares ó diferentes accesorios.

Algunos de los más comúnes tipos de formas, con los cuales casi toda persona está familiarizada, son: encabezados de cartas, solicitudes de empleo, cheques, etc., por otra parte existen formas un poco más complejas tales como: órdenes de manufactura, recibos de materiales, hojas de operación, requerimientos de ingeniería, registros de inspección. Estas son raramente vistas por personas que no están directamente involucradas en su preparación y proceso.

En general ciertos artículos deben ser excluidos de definición en una forma, para mantenerla con la mejor vista posible. Estos casos ocurren en artículos tales como: Circulares, Marcas de Productos, listas de precios y hojas de instrucciones para clientes. Deberá ser muy evidente que cada uno de los artículos mencionados consistan en una forma impresa y no ordinaria teniendo espacios para agregar datos adicionales, también es conveniente excluir de éstas los materiales extraños. Este tipo de formas impresas están consideradas bajo la jurisdicción de formas de control aunque para estos artículos, las formas de control pueden contribuir muy poco.

Por otro lado puede haber formas en las cuales - los artículos que deben ser estrictamente definidos no aparecen, tales como: etiquetas de inspección, etc.

Probablemente el mejor criterio para juzgar si - un pedazo de papel es una forma, es su función de relación hacia un procedimiento comercial ó sistema. Cualquier documento impreso que no sea esencial en un procedimiento de operación ó un medio de comunicación comercial deberá ser excluído de la responsabilidad del Depto. que controle las formas.

RESPONSABILIDADES DEL DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD - SOBRE LAS FORMAS DE CONTROL.

El propósito del departamento de control de calidad es preveer y proporcionar todas las formas esenciales para obtener buena calidad en la empresa y eliminar las - formas innecesarias. Establecido de una manera más formal, es responsable de las siguientes actividades: a) averi--guar que cada forma llene los requerimientos básicos de un procedimiento de operación aprobado, b) Vigilar que las - formas cumplan su propósito efectivamente, c) Especificar el método más económico de manufactura y d) Establecer un sistema de control de abasto y de reabasto de formas para

cuando se necesiten, en cantidades económicas y con buenos precios.

En pocas palabras esto significa que el departamento, es normalmente responsable de: controlar el diseño, revisión, especificación, nomenclatura, numeración, clasificación, provisión y obsolescencia de todas las formas de control de calidad de la compañía.

El departamento encargado de las formas de control, no necesariamente aprueba la aplicación de una forma; ésta es una función del analista de sistemas, posteriormente determina si una nueva forma propuesta es esencial que lleve un procedimiento apropiado antes de seguir adelante. Sobre las formas personales para acción, así como son prudentes, las formas personales también dan referencia de cualesquier problema en el procedimiento relacionado a una forma que ha llamado la atención de los analistas. Cuando el trabajo de formas y sistemas es hecho por el mismo grupo, la línea que está dividiendo estas dos funciones, no tiene porqué ser trazada, pero cuando el trabajo de formas y sistemas son separados es importante que la responsabilidad de cada departamento sea definida para prevenir cualquier mal juicio de quien es el responsable de diversas situaciones.

De preferencia, cada hombre en el sistema deberá saber lo básico en diseño de formas. Si es muy marcada la separación entre los sistemas y las formas de control, puede quebrantar la efectividad de la forma. Tal revelación de instalación de sistemas incompletos como los cuales son incapaces de reconocer las deficiencias de las formas cuando las ve, y admite el diseño pobre de formas para sus procedimientos.

Para establecer un buen control sobre el diseño y revisión de formas, el programa de formas de control debe necesariamente obtener el respaldo de la administración y debe también ganar la cooperación de los diversos departamentos de la compañía. El departamento puede ganar esta cooperación, probando que conoce su negocio y estar dispuesto a prestar ayuda técnica en los diversos departamentos.

El supervisor deberá de inspeccionar todas las formas entrantes por apariencia general y en particular, de acuerdo con las especificaciones críticas.

Los trabajos difíciles deberán de ser siempre chequeados por el departamento de control de calidad para hacer evidente que no habrá problemas futuros cuando las formas

mas sean puestas a ser usadas. Esto es de particular importancia en una nueva forma, especialmente diseñada y que servirá para resolver problemas antes de que se tornen serios.

A continuación hay varios casos que se deben de observar, cuando se inspecciona con formas:

- 1) Series de números idénticos en todas las partes de una forma.
- 2) Registro de las varias partes de una forma.
- 3) Localización, tamaños y tipos de punzonados - y perforación convenientes.
- 4) Legibilidad de copias al carbón
- 5) Secuencia correcta de partes de una forma.
- 6) Grados y pesos convenientes de papel.
- 7) Localización adecuada del dorso impreso, cuando es para llenarse.
- 8) Empaquetado y etiquetado correcto.
- 9) Cualquier fisonomía especial, enlistada en la hoja de especificaciones de la forma.

Los supervisores, pueden usualmente borrar las significaciones relativas a un tipo particular de forma, y puede hacer una inspección adecuada en cuestión de unos -

cuantos minutos.

DISEÑO DE FORMAS.- El propósito fundamental del diseño de formas, es el de proveer una media estandarizada para el procesamiento eficiente de la información de trabajos. Esto incluye el plan de la forma y las especificaciones para su construcción y manufactura. El oficio de los diseñadores de formas, requiere de una combinación de calidades prácticas y estáticas, adicionales y entendibles del sistema fundamental. Sobre todo el diseñador de formas deberá de ser meticulosamente perfecto, así como también demasiado realista. Para esta persona, numerosos problemas requieren contestaciones significativas en tiempos realmente cortos y la calidad de su perfección tendrá un efecto - distinto y durable en la imagen de la compañía que surge - de sus papeles de trabajo.

Un principio importante del diseño de formas, es el propósito de las formas, el cual es también registrado y transmite información. Tal como, es un instrumento de actividades humanas, sobre actos y actuaciones por gente, este factor deberá nombrar la facilidad de uso. Las formas deberán de ser así designadas, para que sean fáciles - a los inspectores y a la vez para que hagan el uso correcto de ellas. Las formas deberán de ser fáciles para escri

birse, fáciles para leer, fáciles de proveer, fáciles de procesar y fáciles de disponer.

Para hacer que la forma sea fácil de escribirse debe tener suficiente espacio en cada entrada. Las entradas deberán de tener una secuencia de datos en estado de copia. Los títulos deberán de indicar que se va a registrar. Tanta información como sea posible deberá de ser pre-impresa en la forma para reducir el tiempo requerido para prepararla. Todas las variables deberán de ser expuestas para ver si algunas de ellas no son realmente constantes.

La nomenclatura, numeración, clasificaciones y la catalogación de formas, son factores importantes para contribuir a un sistema de control ordenado. Los títulos y números proveen a la forma, la manera ideal de usar la forma. La clasificación y catalogación, son herramientas usadas por la unidad de formas de control de calidad para llevar el buen control de todas las formas juntas, así como sus duplicados.

El aprovisionamiento de formas, incluye el establecimiento y revisión de usos, con el propósito de detectar cambios en los requerimientos y también para mover es-

pacio o no mover los artículos. Esta significante área de formas de control, es una de las más descuidadas por el de partamento de control de calidad.

La forma más perfectamente diseñada, es muy usada y debe encontrarse, cuando se necesita, en el lugar exac to, en el tiempo justo, en la cantidad exacta y con la ca lidad exacta.

Al referirnos de nuevo a la mediana industria, - mencionada anteriormente, si supusiéramos que llevamos a - cabo una inspección en los departamentos de materia prima y productos terminados, en el recibimiento de materia pri ma, alambre, tubería, lingotes de aluminio y lá m i n a s de ace ro; y en la entrega de productos terminados, post er ía, - - pu er t a s, accesorios de aluminio, accesorios de lá m i n a y te ji do de alambre. Se hicieron observaciones en los diferen tes departamentos, hasta llegar a un término de 10 observa ciones en cada uno de ellos, basándose en las especifica ciones descritas en las formas diseñadas especialmente para ésto.

Antes de pasar a analizar las observaciones en - las formas, haremos un breve estudio del procedimiento a - seguir para lograr un buen y adecuado uso de las formas de

inspección.

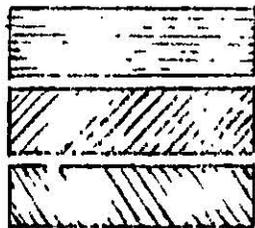
a) El inspector recibe la forma.

b) Llenar los datos fijos, compañía, departamento, inspección tipo, muestreo tipo, material a inspeccionar, producto a inspeccionar, hoja núm., nombre del inspector y turno.

c) Proceder a efectuar la inspección, anotando primeramente fecha y hora, procedencia, etiqueta núm., operador, máquina número.

d) Especificar el tamaño del lote "N", el tamaño de la muestra "n" y el número de defectuosos "d".

e) Especificar los defectos en su línea correspondiente y la cantidad total de cada uno de ellos.



Defectos Críticos

Defectos Mayores

Defectos Menores

f) Si encuentra defectos no especificados, colocar éstos en los espacios en blanco adjuntos.

g) Especificar cuántos defectos de los encontrados, son atribuibles al proveedor y a la compañía, colocándo dolor en su línea correspondiente.

h) Observaciones.- Efectuar las anotaciones que crea pertinentes y necesarias para lograr una mejor especificación de la inspección realizada.

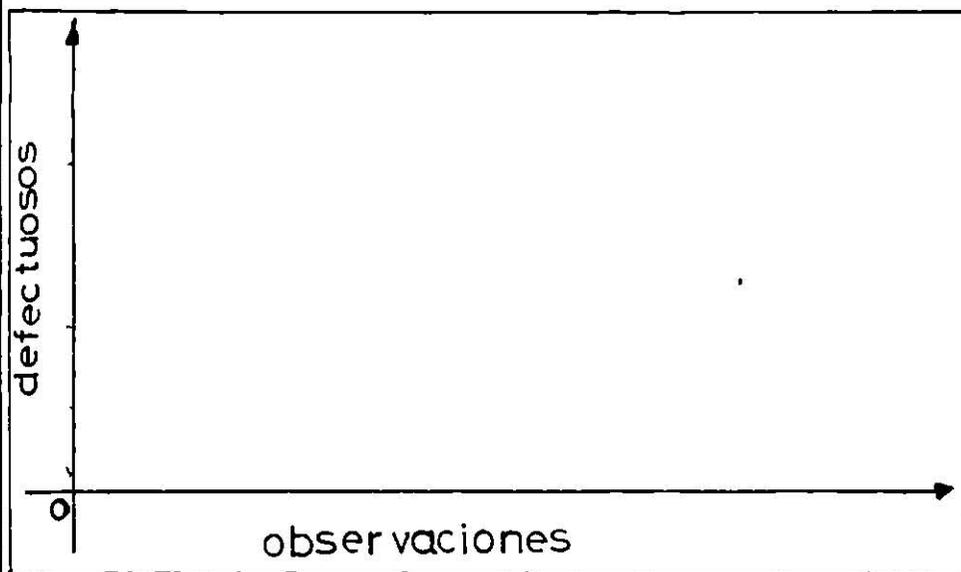
i) Colocar, una-por-una, las observaciones realizadas, en la gráfica y decidir según sus límites si se - - acepta o se rechaza el lote.

j) Colocar las firmas tanto del inspector como - del supervisor de la forma, al término de ésta.

Nota.- El inspector debe tener criterio, bajo - previo adiestramiento, para decidir, que al encontrar uno ó más defectos críticos, debe rechazar el lote, y si en - - encuentra defectos mayores y menores, graficar para observar si acepta o rechaza, bajo el criterio de un AQL = 4, ha - - ciendo uso de un muestreo sencillo en una inspección nor - - mal.

Los resultados de estas observaciones, se pueden ver claramente en las formas que a continuación se presentan.

REGISTRO DE INSPECCION DE CONTROL DE CALIDAD																					
COMPANIA					DEFECTOS					Cargo	Hoja num										
DEPARTAMENTO <i>materia prima</i>					A					V					Inspector						
																INSPECCION TIPO	MUESTREO TIPO	MATERIAL TIPO <i>Lamina general</i>	CARGO	HOJA NUM	
																					TURNO
Num	Procedencia	Fecha	Hora	N	n	d	Etiqu. num.	Ac	Re												
1																					
2																					
3																					
4																					
5																					
6																					
7																					
8																					
9																					
10																					
11																					
12																					
13																					
14																					
15																					



INSPECTOR

SUPERVISOR

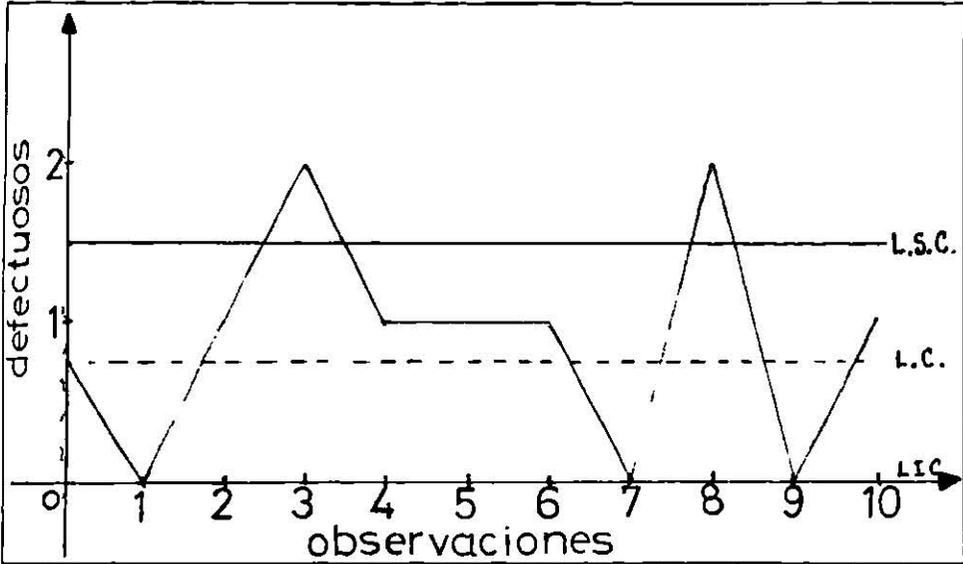
REGISTRO DE INSPECCION DE CONTROL DE CALIDAD									
COMPANIA		Tejidos Reyno S.A.		DEFECTOS				Cargo	Hoja num
DEPARTAMENTO		materias primas		C A C I O N E S	A C C I O N E S	T I P O N U M E R O	L O C O S	P R O D U C T O	C O D I C O
INSPECCION TIPO		muestra							
MUESTREO TIPO		lotes y lotes							
MATERIAL TIPO		Súper de acrílico							
Num	Procedencia	Fecha	Hora	N	n	d	Etiqu. num.	Ac	Re
1	Camp. "X"	I-X-75	10:30	30	8	0	1230	✓	
2	Camp. "X"	IV-X-75	11:00	30	8	1	1231	✓	1
3	Camp. "X"	V-X-75	10:45	30	8	2	1232	✓	2
4	Camp. "Y"	X-X-75	12:00	30	8	1	1233	✓	1 1 1
5	Camp. "Z"	XV-X-75	10:00	30	8	1	1234	✓	1 1
6	Camp. "Y"	XX-X-75	12:30	30	8	1	1235	✓	1 1
7	Camp. "X"	II-X-75	9:30	30	8	0	1236	✓	
8	Camp. "X"	V-X-75	10:00	30	8	2	1237	✓	2
9	Camp. "Z"	VII-X-75	10:30	30	8	0	1238	✓	
10	Camp. "Z"	X-X-75	17:00	30	8	1	1239	✓	1 1
11									
12									
13									
14									
15									

OBSERVACIONES

muy variado el terelaje

bordes muy afilados
pésimo oxero

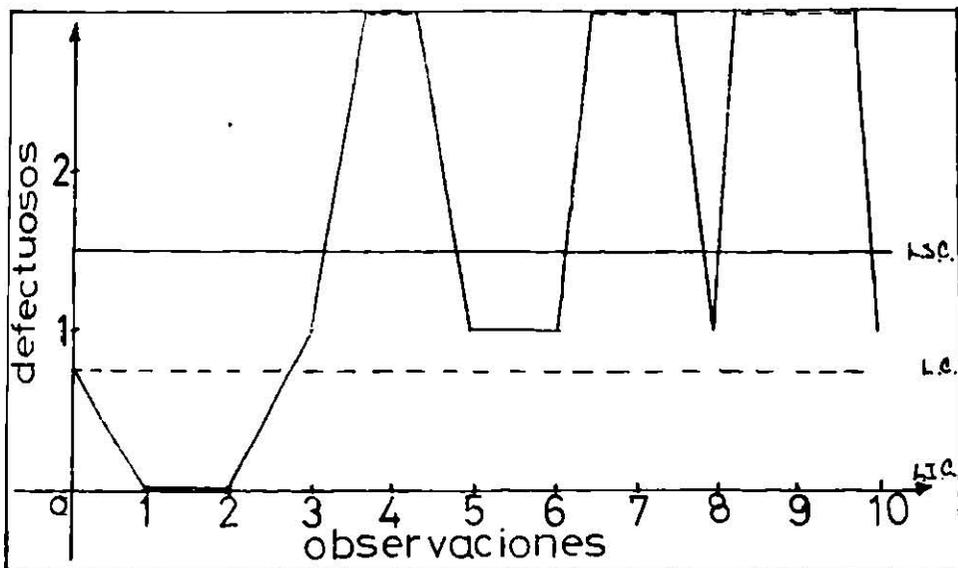
bordes muy afilados



[Signature]
INSPECTOR

[Signature]
SUPERVISOR

REGISTRO DE INSPECCION DE CONTROL DE CALIDAD										
COMPANIA <i>Tejidos Keuno S.A.</i>				DEFECTOS				Cargo	Hoja num.	
DEPARTAMENTO <i>mixta prima</i>				A				a	6	
INSPECCION TIPO <i>muestra</i>				V						
MUESTREO TIPO <i>late x late</i>				E				INSPECTOR	TURNO	
MATERIAL TIPO <i>Tuberia</i>				O						I
Num	Procedencia	Fecha	Hora	N	n	d	Etiqu. num.	AC	Re	
1	Camp. "X"	I-IX-75	9:00	50	8	6	80	✓		
2	Camp. "X"	V-IX-75	9:30	50	8	0	80	✓		
3	Camp. "X"	X-IX-75	9:00	50	8	1	82	✓	3	2 3 9
4	Camp. "X"	XV-IX-75	10:00	50	8	1	83	✓		4 2 3 9
5	Camp. "Y"	XX-IX-75	12:00	50	8	1	87	✓		2 1 4
6	Camp. "Y"	XXV-IX-75	11:00	50	8	3	81	✓		2 3 2 8
7	Camp. "Y"	I-X-75	10:00	50	8	4	86	✓	2	1 5 10 2 20
8	Camp. "X"	V-X-75	11:00	50	8	1	87	✓	1	3 2 4 1 11
9	Camp. "X"	X-X-75	10:15	50	8	2	88	✓		4 3 5 2 14
10	Camp. "Z"	XV-X-75	10:40	50	8	1	89	✓		2 1 3
11										
12										
13										
14										
15										



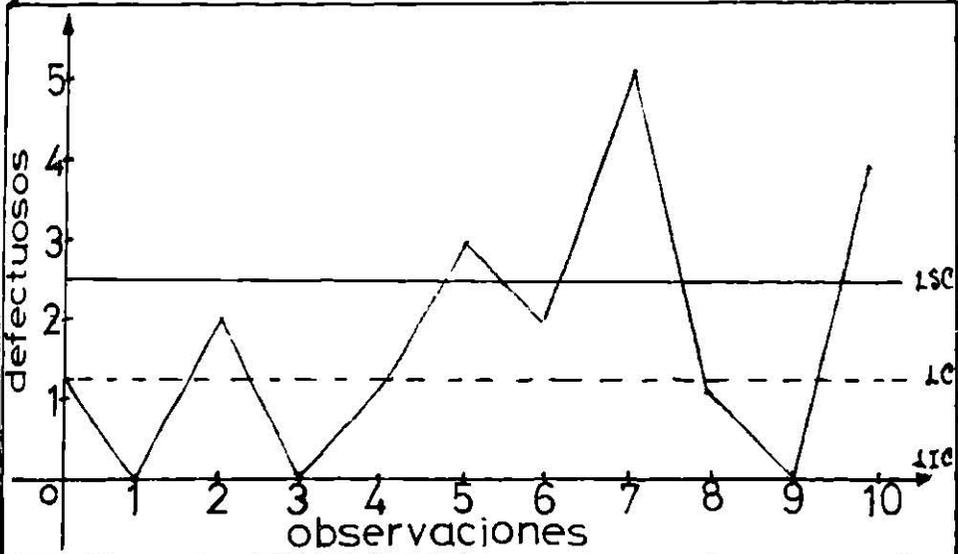
Forana

 INSPECTOR

Quadrines

 SUPERVISOR

REGISTRO DE INSPECCION DE CONTROL DE CALIDAD									
COMPANIA		Tejidos Reyano S.A.		DEFECTOS			Carga		Hoja num.
DEPARTAMENTO		materia prima		A			B		INSPECTOR
INSPECCION TIPO		muestras		C			D		E
MUESTREO TIPO		Lote x Lote		E			F		TURNOS
MATERIAL TIPO		Alambre		F			G		I y II
OBSERVACIONES									
Num	Procedencia	Fecha	Hora	N	n	d	Etiqu. num	Ac	Re
1	Camp. "X"	I-IX-75	16:00	100	20	0	1000	✓	
2	Camp. "X"	X-IX-75	17:00	100	20	2	1001	✓	2 1
3	Camp. "X"	XI-IX-75	15:30	100	20	0	1002	✓	
4	Camp. "X"	IX-IX-75	10:45	100	20	1	1003	✓	1 1
5	Camp. "X"	XV-IX-75	11:00	100	20	3	1004	✓	3 3
6	Camp. "X"	I-X-75	12:00	100	20	2	1005	✓	1 2
7	Camp. "X"	V-X-75	11:30	100	20	5	1006	✓	2 5
8	Camp. "X"	X-X-75	16:30	100	20	1	1007	✓	1 1
9	Camp. "X"	XV-X-75	7:30	100	20	0	1008	✓	
10	Camp. "X"	IX-X-75	10:00	100	20	4	1009	✓	3 3
11									
12									
13									
14									
15									

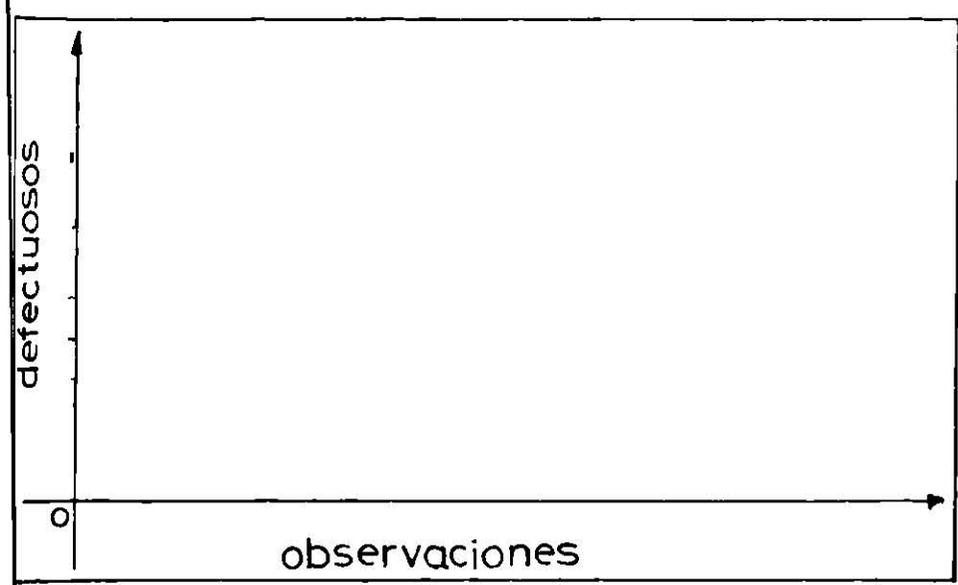


[Signature]
INSPECTOR

[Signature]
SUPERVISOR

REGISTRO DE INSPECCION DE CONTROL DE CALIDAD

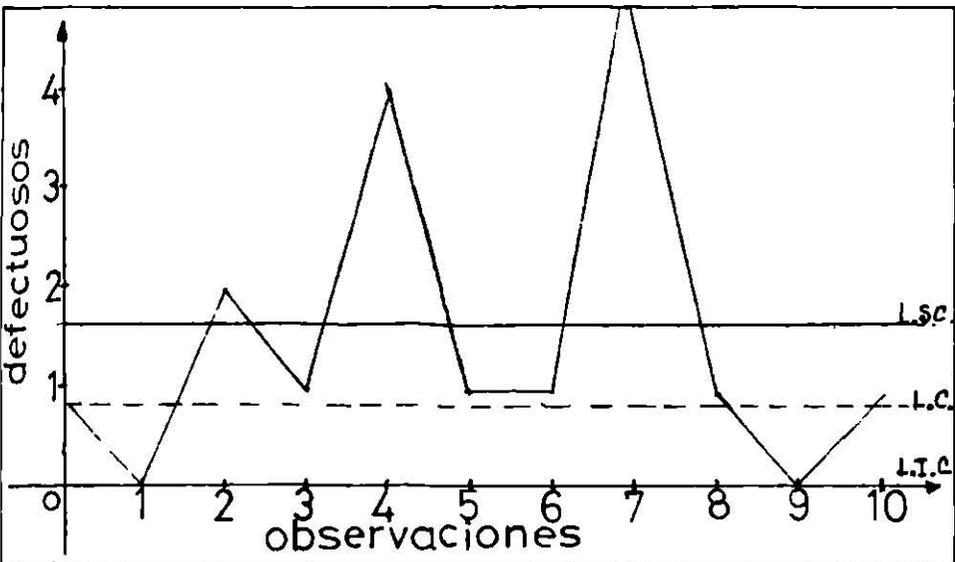
COMPANIA										DEEFECTOS										Carga	Hoja num
DEPARTAMENTO <i>Productos Terminados</i>										A					V					a	INSPECTOR
INSPECCION TIPO																				PROVEEDOR	COORDINADOR
MUESTREO TIPO																				TURNO	
PROD INSPECCIONADO																					
<i>Forma Cerrada</i>																					
Num	Operador	Maq	N	n	d	Etig num	Ac	Re												OBSERVACIONES	
1																					
2																					
3																					
4																					
5																					
6																					
7																					
8																					
9																					
10																					
11																					
12																					
13																					
14																					
15																					



INSPECTOR

SUPERVISOR

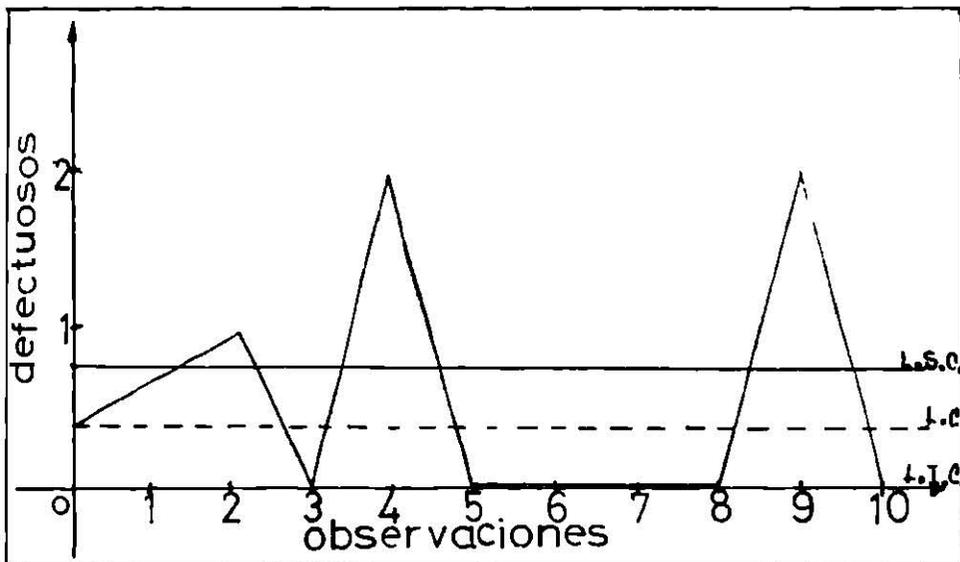
REGISTRO DE INSPECCION DE CONTROL DE CALIDAD														
COMPANIA Tejidos Rayon S.A.						DEFECTOS				Cargo	Hoja num.			
DEPARTAMENTO <i>Plantel Comunal</i>						A	B	C	D	E	PROVEEDOR	COORDINADOR	INSPECTOR	
INSPECCION TIPO <i>muestra</i>						1	2	3	4	5	6	7	<i>José Ferrer</i>	
MUESTREO TIPO <i>lote a lote</i>						6	7	8	9	10	11	12	GERENTE DE PLANTA	
PROD. INSPECCIONADO <i>Tejido de alambres</i>						10	11	12	13	14	15	16	TURNO	
Num	Operador	Maq.	N	n	d	Etq. num.	Ac	Re	1	2	3	4	5	OBSERVACIONES
1	R. Esparzo	1	50	8	0	4025	✓							
2	J. Godoy	2	50	8	2	4026	✓		1	1				2
3	J. Hincosá	3	50	8	1	4027	✓		1	1				1
4	J. Treviño	4	50	8	4	4028	✓					1		1
5	R. Tamez	1	50	8	1	4029	✓		1	1				1
6	H. Salazar	2	50	8	1	4030	✓				1			1
7	G. Siller	3	50	8	5	4031	✓					1		1
8	L. Treviño	4	50	8	1	4032	✓	2	3	1				2
9	R. Esparzo	1	50	8	0	4033	✓							
10	J. Godoy	2	50	8	1	4034	✓		1	4				1
11														
12														
13														
14														
15														



J. Ferrer
 INSPECTOR

J. Salazar
 SUPERVISOR

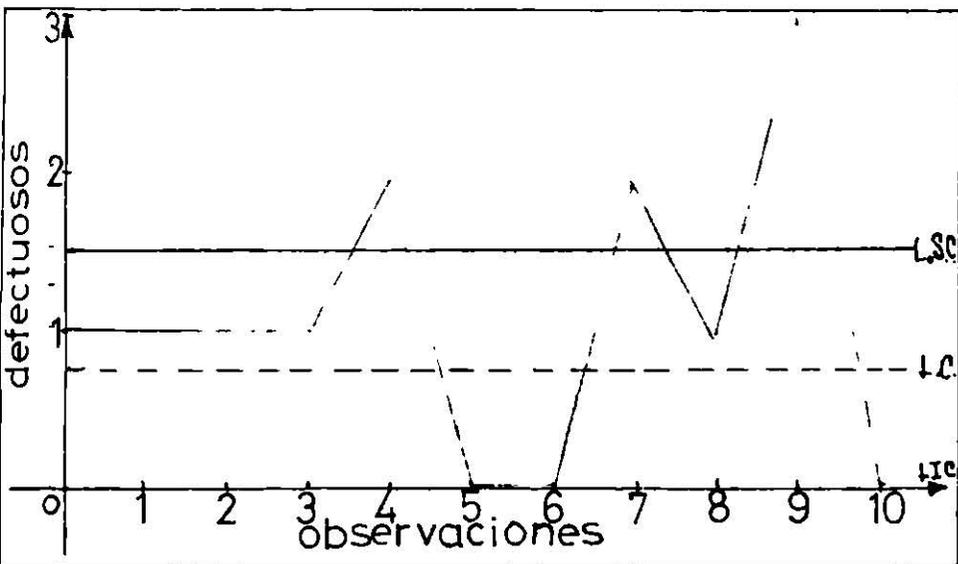
REGISTRO DE INSPECCION DE CONTROL DE CALIDAD											
COMPANIA		DEFECTOS								Cargo	Hoja num.
Tejidos Keeno S.A.										a	10
DEPARTAMENTO		A		V		C		D		INSPECTOR	
Productos terminados		CORTADOS		CORTADOS		CORTADOS		CORTADOS			J. Carlos
INSPECCION TIPO		A		V		C		D		TURNO	
muestreo		CORTADOS		CORTADOS		CORTADOS		CORTADOS			H. Valdes
MUESTREO TIPO		A		V		C		D		OBSERVACIONES	
lote x lote		CORTADOS		CORTADOS		CORTADOS		CORTADOS			Ig II
PROD. INSPECCIONADO		A		V		C		D		OBSERVACIONES	
Insacuble de puercas		CORTADOS		CORTADOS		CORTADOS		CORTADOS			
Num	Operador	Maq.	N	nd	Etiqu. num.	Ac	Re				
1	M. Hinojosa		10	30	852	✓					
2	E. Martinez		10	31	853	✓		1	1	2	4
3	R. Archendieta	1	10	30	854	✓					
4	M. Lopez		10	32	855	✓	1	2	L	L	5
5	E. Garza		10	30	856	✓					
6	M. de Leon		10	30	857	✓					
7	H. Garza	1	10	30	858	✓					
8	J. Idelfonso		10	30	859	✓					
9	M. Hinojosa		10	32	860	✓	1	L			2
10	E. Martinez		10	30	861	✓					
11											
12											
13											
14											
15											



J. Carlos
INSPECTOR

E. Martinez
SUPERVISOR

REGISTRO DE INSPECCION DE CONTROL DE CALIDAD										CARGO	Hoja num		
COMPANIA							DEFECTOS						
DEPARTAMENTO							A	V	A	PROVEEDOR	COORDINADOR	INSPECTOR	
INSPECCION TIPO							pro	pu	gr				
MUESTREO TIPO							o	o	o	PROVEEDOR	COORDINADOR	TURNO	
PROD. INSPECCIONADO							o	o	o				
Num	Operador	Maq.	N	n	d	Etq. num.	Ac	Re				OBSERVACIONES	
1	R. Espinoza	1	50	8	1	2000	✓	2			1	3	may. m. v
2	L. Lopez	2	50	8	1	2001	✓	3			3	6	may. m. v
3	P. Soto	3	50	8	1	2002	✓		1			1	may. m. v
4	T. Canto	1	50	8	2	2003	✓	5			4	9	may. m. v may. m. v
5	L. Herrera	2	50	8	0	2004	✓						may. m. v
6	A. Olivares	3	50	8	0	2005	✓						may. m. v
7	R. Espinoza	1	50	8	2	2006	✓	6	2	3		11	may. m. v may. m. v
8	L. Lopez	2	50	8	1	2007	✓				1	1	may. m. v
9	P. Soto	3	50	8	3	2008	✓		3			3	may. m. v
10	T. Canto	1	50	8	0	2009	✓						may. m. v
11													
12													
13													
14													
15													



[Signature]
 INSPECTOR

[Signature]
 SUPERVISOR

FLUJO DE FORMAS.- Ya implantado el diseño de una forma, que deben llenar los inspectores de cada uno de los departamentos, se deberá enviar una de las formas al inspector en jefe, éste a su vez transmitirá los hechos al departamento que corresponda corregir el defecto en cuestión, enviando a la dirección una copia del informe. Si se ve la causa o posibles causas, deben incluirse para mayor comodidad, dando también posibles soluciones.

Para darnos una idea más clara del flujo de formas, procederemos a observar la secuencia que sigue el flujo de formas en los departamentos de materia prima y productos terminados en una mediana industria, de la cual, hemos hecho referencia anteriormente.

Materia Prima.- Primariamente, se recibe del proveedor el registro de calidad que según su compañía trae la materia prima que nos está entregando. De este registro solicitamos dos formas, una para el departamento de C.C. y la otra para el departamento de registro estadístico. A continuación, procedemos a hacer el registro de inspección por medio de nuestros inspectores, para checar la calidad exigida al proveedor. Al término de ésta, se entrega la forma al departamento de control de calidad para que ahí y por medio de una máquina copiadora, se hagan co-

pias del registro para así enviar una, primeramente al - - proveedor, para comprobar la calidad de su materia prima, otra copia a gerencia para respaldar el objetivo de calidad de la materia prima recibida, y la tercer copia al - - depto. de registro estadístico, para llevar la historia de calidad de materia prima de cada proveedor, quedándose por último, el departamento de control de calidad con el original de estas copias del registro de inspección.

Productos terminados.- Aquí, lo primero es efectuar la inspección de los productos, para así enviar el registro de inspección al departamento de C.C., el cual procede a efectuar un copiado de éste, llegando a un término de 5 copias. El depto. de C.C., conserva el original de - estas copias, enviando la primera copia a gerencia, para - apoyar el objetivo de calidad de productos de la industria; la segundo al depto. de mantenimiento, para que lleve el - registro de la historia, tanto de maquinaria como de personal; la tercera copia se envía al departamento de producción; la cuarta copia se envía al depto. de embarques; y - por último, la quinta copia, se entrega al consumidor como certificado de la calidad que el producto contiene.

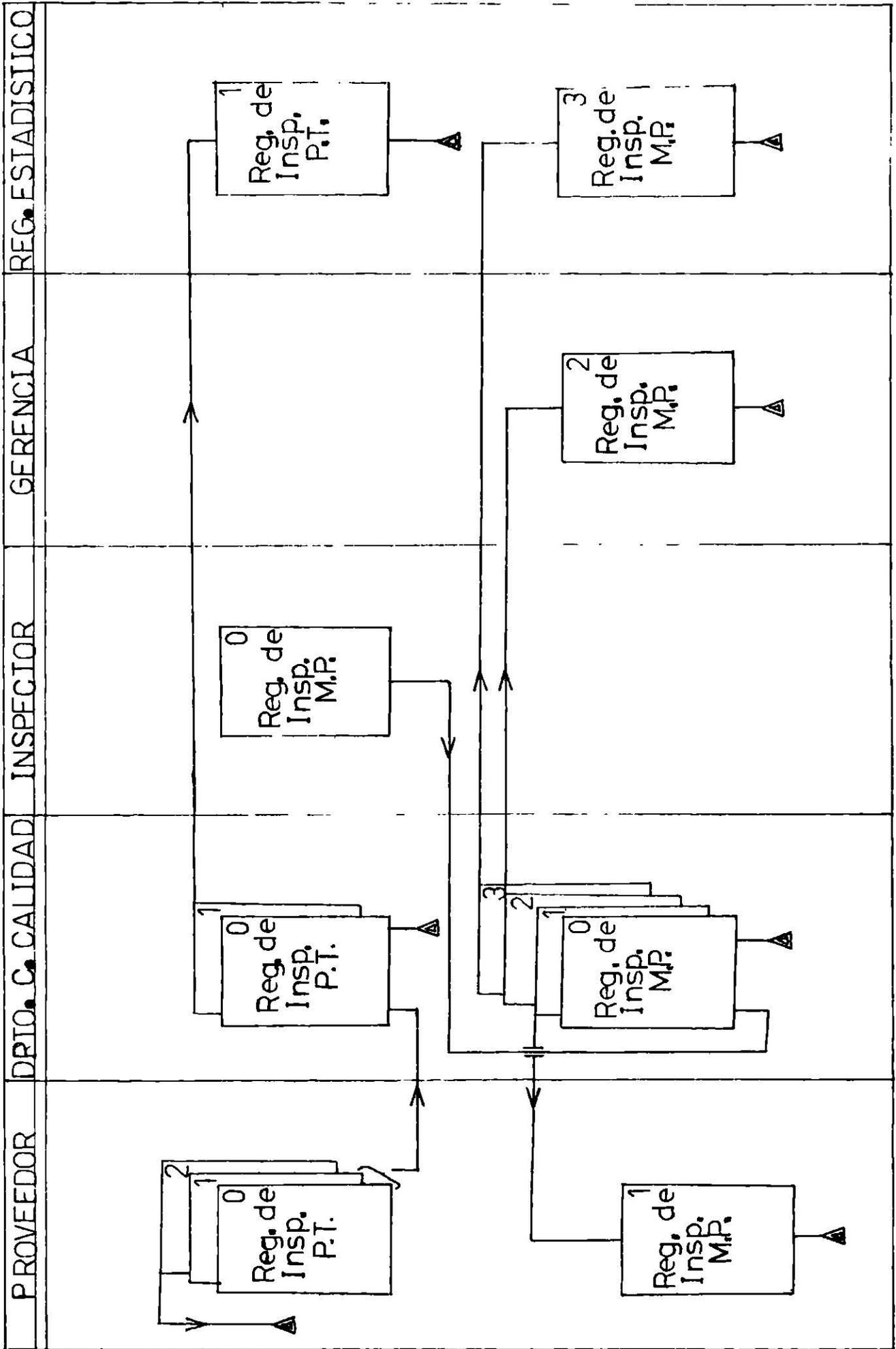


FIG. 3.1 Flujo de formas para Materia Prima

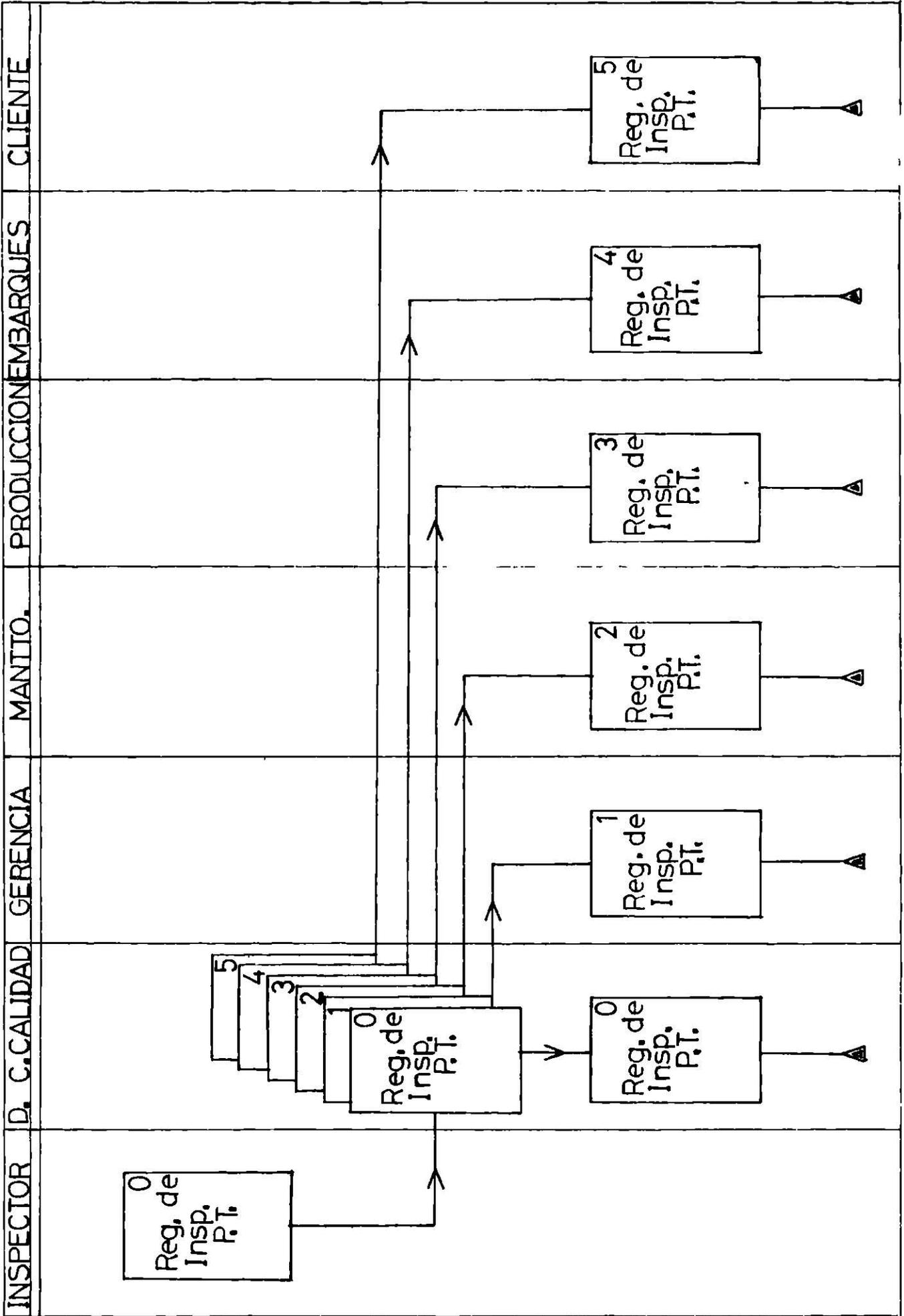


FIG 3.2 Flujo de formas para Productos Terminados

3.3.- EL PORQUE DE LA INSPECCION.

En otros tiempos, la inspección en las fábricas implicaba simplemente mirar el trabajo que se hacía, las dimensiones eran unas veces escasas y otras demasiado juntas. Luego, debido al desarrollo de estos dispositivos, ha aumentado la rapidez, la sensibilidad y la repetición de las revisiones, aumentando también los alcances de calidad en los productos.

La producción en masa requiere la fabricación de partes de acuerdo con las especificaciones y proceso particular establecido por el departamento de ingeniería. Es función de los inspectores observar que éstas normas sean mantenidas antes, durante y después del proceso de producción.

La inspección moderna se reconoce como: 1) Un instrumento para medir la calidad; 2) Un factor potente para el control de ésta; y 3) Una función independiente.

1) La inspección como instrumento de medición de calidad.- El inspector mediante sus reportes periódicos proporciona información al departamento de control de calidad, de las diferencias de medición entre el -

objeto sometido a inspección y los estándares específicos a él. Con estos datos, el ingeniero de control observa la calidad obtenida durante el proceso y las correcciones posibles a éste, de acuerdo con los medios mecánicos, personal y economía de la industria.

2) La inspección como factor de control. - Los reportes de inspección colectan datos con los cuales se pueden formar gráficos, los cuales dan una idea real de la cantidad de productos dentro y fuera de los límites, así como de las tendencias futuras de estas cantidades. Conociendo el gráfico del proceso es más fácil estudiar las causas de las fallas y efectuar la acción correctiva.

3) La inspección, independiente del departamento de producción.- Es conocido que la meta del departamento de producción, es la de fabricar piezas tan rápidamente como sea posible, por lo cual generalmente existe una tendencia a bajar las normas de calidad, cuando el mantener esa calidad disminuye el ritmo de producción; pero si el fabricante acepta pedidos con determinadas especificaciones o necesita de éstas para aceptación de su producto en el mercado, es necesario que sean mantenidas. Esta es la razón de la presencia de inspectores de calidad en el proceso productivo. Es necesario por lo tanto colocar

el departamento de control de calidad en tal posición dentro de la carta organizacional, que le asegure suficiente autoridad para actuar independientemente y con el mejor interés de realizar el control de calidad del cual es responsable ante el departamento de ingeniería.

Un buen programa de inspección nos proporciona también los datos necesarios para la detección de productos defectuosos que puedan volverse a elaborar o corregir el defecto presente y así salvar el total o parte de la inversión, esto aún considerando que la inspección y el control de ésta, tienden a minimizar los defectos al conocer sus causas.

3.4.- LOCALIZACION DE ZONAS DE INSPECCION.

La inspección de los productos y procesos puede tener lugar en toda la planta, así como también en laboratorios centralizados.

La inspección de planta, consiste en analizar las características físicas de las muestras, ya sea forma, dimensiones, peso, volumen, impresión visual, etc., y poder dar así un criterio ya en base, de la situación actual sobre esa muestra.

La inspección de laboratorio consiste en analizar las características técnicas, de aquellas muestras las cuales se someten a análisis químicos, análisis de esfuerzos, análisis de rayos "X", pruebas destructivas, etc., para que con eso podamos darnos cuenta en qué condiciones se encuentra la muestra y así poder tener un criterio lo bastante fuerte para saber que decisión tomar.

La inspección de planta, se realiza en los lugares en donde se lleva a cabo la producción, pudiendo hacer gran parte de ella los mismos trabajadores, haciendo la inspección visualmente, o usando dispositivos para inspección. Este tipo de inspección tiene sus ventajas, como es, en la producción de artículos pesados o voluminosos, es im posible trasladarlos a laboratorios, otra ventaja es, que se pueden descubrir defectos donde y cuando el trabajo está en marcha y pueden hacerse correcciones en el mismo sitio y finalmente, otra ventaja, es que se ahorra tiempo y demoras causadas por transportar los productos a los laboratorios, también este plan se adapta bien a la producción en masa, ya que permite la continuidad del trabajo.

La inspección por laboratorios tiene también - - otro tipo de ventajas, como son: se pueden emplear inspectores con menos experiencia y pueden realizar una supervi-

sión más estrecha, se puede usar equipo delicado y especializado, el control de la calidad es más seguro. Algunas desventajas de la inspección por laboratorios pueden ser: pérdida de tiempo y demora en la producción ya mencionadas al transportar el producto al laboratorio, además al inspeccionar, si se encuentran defectos, es tarde para su corrección y éstos aparecerán en el total de la producción - de donde se extrajo la muestra sometida a revisión.

En muchas industrias, se usa la combinación de inspecciones tanto de planta como de laboratorio con resultados muy satisfactorios.

Es esencial que se practique una inspección al principio del proceso y otra al final del mismo, pero no tiene lógica efectuar inspecciones en todos los sitios posibles, ya que se incurre en grandes costos de inspección y por otra parte, al operador no le agrada realizar su labor diaria sintiéndose observado constantemente sobre sus hombros por un inspector.

Por lo general, en cualquier industria las zonas de inspección deberán ser localizadas en las siguientes fases del proceso:

- a) Cuando se reciben las materias primas;

- b) Cuando las materias primas entren en el proce
so de producción;
- c) Antes de los procesos costosos;
- d) Antes de procesos irreversibles;
- e) Antes de procesos que puedan cubrir defectos;
- f) Cuando los productos terminados salen del pro
ceso de producción.

CAPITULO IV

CONTROL DE CALIDAD A APLICACIONES CIENTIFICAS

4.1.- COSTOS DE CALIDAD.

Al referirnos al control de calidad en la mediana industria, estamos acordes en que se incurre en varios costos, ya sea para llevarla a cabo, o porque no existe.

Estos costos muchas veces no son apreciables a simple vista, sino que deben aplicar métodos matemáticos para dar con ellos. En bastantes ocasiones, nos damos cuenta de que muchos empresarios y aún personal especializado en control de calidad, no entienden claramente estos conceptos o al menos no están suficientemente convencidos como para darles importancia. La falta de conocimiento o de convencimiento a este respecto, podría estatificarse en los siguientes grados, en orden decreciente de importancia:

1.- No se concibe o no se ha pensado que la calidad tiene un costo.

2.- Se intuyen o se reconocen los costos operativos de la calidad; pero no se habla pensado en los costos de calidad generados en las demás fases del desarrollo del producto, principalmente en las etapas de decisiones bási-

cas, decisiones de mercado y diseño del producto;

3.- Se sabe de su existencia y se conoce su teoría; pero no se ha dirigido su importancia y por tanto, no se ha establecido el sistema para su evaluación;

4.- Se hace algún esfuerzo para determinarlos; pero las bases son incompletas y resultan de poco valor como indicadores de la eficacia del sistema de calidad;

5.- Se tiene un sistema razonablemente eficiente para su evaluación; pero su conocimiento no se difunde a todos los elementos de la empresa, y por tanto, no se obtiene de ellos todo el provecho que fuera posible.

Desde un punto de vista integral, los costos totales de la calidad comprenden: a) Los costos resultantes de una mala calidad; y b) Los costos inherentes a los esfuerzos para producir una buena calidad.

4.1.1.- SIGNIFICADO E INTERPRETACION.

La industria hace un extenso uso del concepto de identificación de los costos necesarios para el funcionamiento de los distintos departamentos de una empresa. Antiguamente para el concepto de calidad, solamente se aplicaban los costos de inspección y se omitían el resto de -

las funciones de control de ésta. Los costos de las diferentes funciones se encontraban totalmente dispersos en diferentes cuentas de los libros de la compañía. Algunos de éstos costos estaban claramente definidos e identificados, otros no.

Luego se encontró, que los nuevos departamentos de control de calidad estadístico no convencían o entusiasmaban mucho a la administración solamente con datos estadísticos y probables. Se necesitaba un nuevo estudio basado en el lenguaje de la gerencia superior; "DINERO".

La parte primordial de éste estudio definía: "El total de costos evitables al controlar la calidad". Lo cual tuvo bastante atractivo para la gerencia, ya que además estudiaba el provecho o utilidad que se podía obtener al realizar un programa de reducción de defectos, y el retorno de la inversión, hecha en el personal dedicado a éstos estudios.

Cuando los especialistas de calidad obtuvieron mejor información acerca de las fallas, necesidades, etc., encontraron tres conceptos básicos concernientes a los costos de calidad:

1.- La naturaleza del sistema de contabilidad de la compañía. Se hacían evidentes las cuentas existentes y los sistemas de presentación de los costos no eran los adecuados para los costos de calidad;

2.- El concepto de identificación de los costos asociados con la función de calidad de tal manera que estos pudieran ser presentados de una forma que proporcione ayuda a las demás funciones;

3.- El concepto de lo óptimo en costos de cali-
dad.

La urgencia de medir los costos de calidad no viene solo de los especialistas de control de calidad, sino también de fuera de la compañía.

Las fuerzas externas incluyen:

1.- El incremento en costos debido al esfuerzo de aceptabilidad del producto debido a complejidad del mismo, mayor precisión, alta confiabilidad, etc. Es probable que el orden de magnitud de los costos de calidad varíe entre el 5% y el 10% de las cuentas de la compañía y esto es una considerable suma de dinero.

2.- El desarrollo en la producción de artículos de larga vida. Mientras éstos productos llegan a usarse totalmente, se hace evidente que el mantenimiento debido a que no se pueden confiabilizar, excede a los costos originales. Esta relación dió ímpetu al concepto de programas de confiabilidad, los cuales mejorarán la confiabilidad original con un alto costo inicial con el objeto de reducir los costos durante la larga duración del producto.

3.- A consecuencia de lo anterior, evolucionan las cotizaciones para programas de confiabilidad y separadamente los presupuestos de costos de calidad, en caso de solicitud gubernamental.

Estas fuerzas externas, juntas con las actividades internas de los especialistas de calidad, combinadas para avanzar el concepto de identificación de todos los costos asociados con la función de calidad, de manera tal que estos puedan ser medidos, mejorados y controlados. Las publicaciones, comités y seminarios, son de gran ayuda para fomentar la diseminación de este concepto.

En la Fig. 4.1., se puede observar la tendencia de los costos totales de calidad, en relación con el porcentaje de ventas.

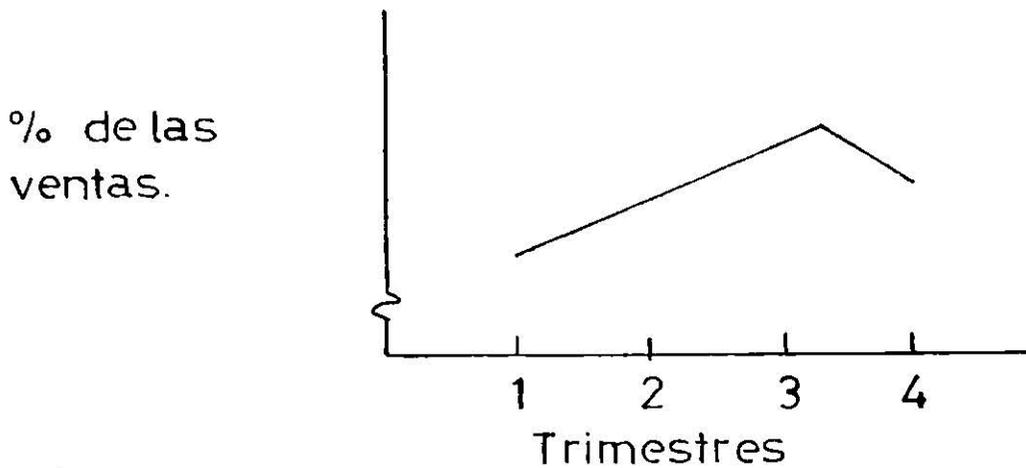


Fig.4.1. Costos totales de calidad

4.1.2.- CLASIFICACION DE LOS COSTOS.

Para hacer práctico el concepto de reducción de costos de calidad, se requiere primero que haya una identificación clara de cuales son los costos que se considere - que caigan dentro del amplio término, costos de calidad. Pero de cualquier manera lo difícil es definir cuales costos deberán ser excluidos.

Por ejemplo, el trabajo de diseñar un producto - incluye alternativas para tolerancias del mismo, las cuales influirán directamente sobre la conformidad para su uso. Una lista de costos de calidad y sus diferentes categorías, contendrá éstos costos de las diferentes alternativas de diseño, aunque no sean muy usadas. En este tipo de

listas no se incluye lo involucrado en compras de materiales para calidad, producción de estándares conformes a la calidad, mercado del producto basado en su calidad, etc. Todas estas categorías de costos se consideran pertenecientes, a las diferentes funciones de diseño, compras, producción y mercadotecnia, de la empresa.

De cualquier forma, las discusiones relativas a que incluir o excluir de los costos de calidad, han tenido como resultado una justa estandarización para las categorías esenciales. Estas han sido probadas sobre una gran cantidad de industrias y se ha comprobado su validez para el propósito originadas.

Las categorías esenciales y sus definiciones usuales, son las siguientes:

Costos de Prevención.- Estos costos se presentan al tratar de mantener los costos por fallas y evaluación en mínimo.

Planeación de la calidad.- Esto incluye el arreglo total de las actividades que colectivamente crean el plan total de calidad, el plan de inspección, el plan de formalidad, el sistema de datos, y los numerosos planes es

pecializados. Incluye también la preparación de los manuales y procedimientos necesarios para comunicar éstos planes a las personas correspondientes.

Revisión de nuevos productos.- Incluye preparación para propósitos de oferta, evaluación de nuevos diseños, preparación de pruebas y programas experimentales, y otras actividades de calidad asociadas con el lanzamiento de diseños nuevos.

Entrenamiento.- Los costos para preparar programas de entrenamiento o adiestramiento para al canzar y mejorar el funcionamiento de la función de calidad, no importando que departamento sea el que reciba el adiestramiento. Incluye también los costos de conducir los programas formalmente.

Control de procesos.- Incluye aquella parte de control de procesos, la cual se orienta hacia la obtención de conformancia, productividad alcanzada, seguridad, etc.

Análisis y adquisición de datos de calidad.- Esto refiere al trabajo de manejo de los sistemas de datos de calidad para adquirir datos contínuos en la ejecución de la función de calidad. Se incluyen análisis de éstos -

datos para identificar los problemas de calidad, dar la alarma, estimular el estudio, etc.

Reportes de calidad.- Incluye el trabajo de sumarización y publicación de información de calidad para la media y alta administración.

Proyectos de mejoras.- Incluye el trabajo de estructurar y llevar a cabo programas que lleven a nuevos niveles de desempeño de las funciones, programas de prevención de defectos, programas de motivación.

La tendencia de los costos de prevención, se pueden observar en la Fig. 4.2.

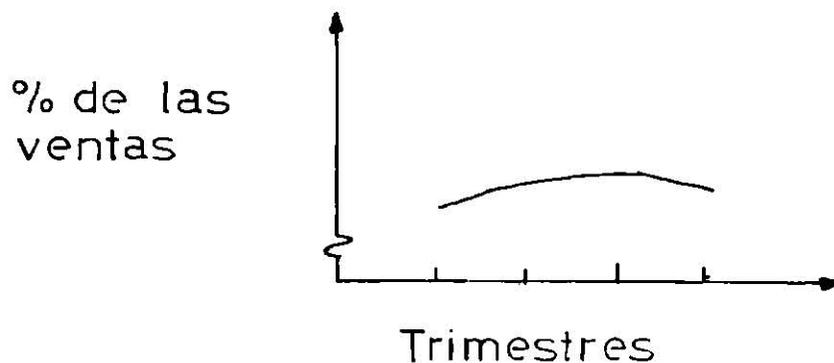


Fig.4.2. Costos de prevención

Costos de evaluación.- Estos son los costos en los que se incurre al tratar de descubrir la condición del producto, principalmente durante el inicio de la producción. En éstos se incluyen:

Inspección de material recibido.- El costo de de terminar la calidad para vender el producto hecho, mediante inspección en la recepción, por inspección en la fuente, o por métodos varios.

Inspección y pruebas.- Los costos de revisar la conformancia del producto durante todo su proceso, incluyendo la aceptación final, y revisión del embarque. Incluya pruebas de vida, ambientación e integridad del producto También incluye pruebas hechas para el cliente, antes de devolverle el producto. (Es usual tener subcuentas separadas para inspección, pruebas de laboratorio, y pruebas del campo de ventas). Para recopilar estos costos, lo que es decisivo es la clase de trabajo hecho y no el nombre del departamento.

Mantenimiento del equipo de pruebas.- Incluye el costo de operación del sistema que mantiene bien calibrado el equipo e instrumentos de medición.

Material y servicios consumidos.- Incluye los costos de productos consumidos en pruebas destructivas, a teriales usados y servicios, los cuales tienen significancia.

Evaluación de existencias.- Incluye el costo de operación de los sistemas para pruebas a los productos en almacenes o en inventario para evaluar degradaciones. La tendencia de los costos por evaluación se pueden observar en la Fig. # 4.3.

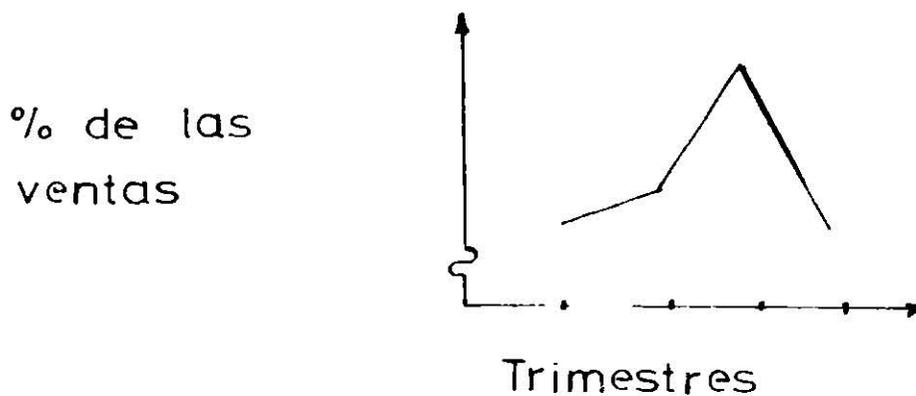


FIG.#4.3.-Costos de evaluación

Costos por fallas internas.- Estos son los costos que desaparecerían si no existieran defectos en el producto antes de enviarlo al consumidor. Estos incluyen:

Desperdicio.- La pérdida neta de trabajo y mate-

rial resultante de los defectos, los cuales son antieconómicos en su reparación e imposible su uso, y no se incluye ningún costo por obsolescencia.

Reproceso.- El costo de corregir defectos para hacer que el producto entre al límite tolerante.

Pruebas extras.- El costo de re-inspección y de pruebas extras de productos que fueron reprocesados.

Demoras.- Los costos debidos a tiempos ociosos causados por los defectos. En algunas compañías, estas pérdidas son muy considerables y por lo tanto es necesario cuantificarlas. En otras compañías estas son ignoradas.

Pérdidas en la producción.- El costo de obtener una producción más baja de la que se puede alcanzar mediante mejoras adaptables. También se incluyen en este inciso el caso de envases sobrellenados, debido a variaciones en el llenado y al equipo de medición.

Disposición.- El esfuerzo requerido para determinar si los productos que no tuvieron conformancia eran usables, y para hacer la disposición final de estos, se incluye el tiempo de revisiones de material ya sea individual -

o por medio de tableros, no importando el departamento al que corresponda el supervisor del material. La tendencia de los costos por fallas internas, se pueden observar en la Fig. # 4.4.

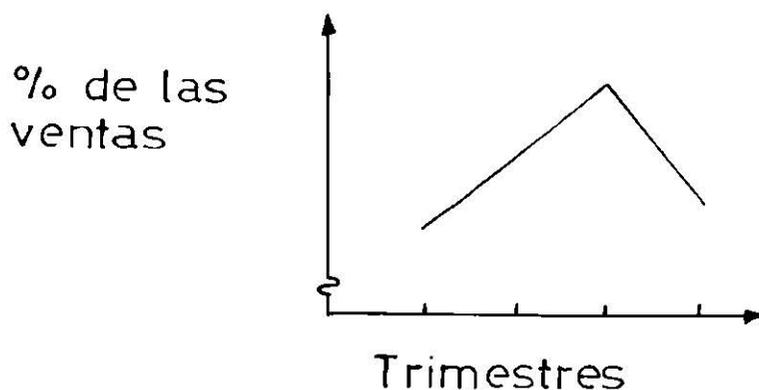


Fig.4.4. Costos por fallas internas

Costos por fallas externas.- Estos costos también desaparecerían si no hubiera defectos. Se distinguen de los costos por fallas internas, por el hecho de que los defectos son encontrados después del envío al consumidor. Estos incluyen:

Ajustes por quejas.- Todos los costos de investigación y ajuste por quejas justificadas atribuibles a producto defectivo o instalación.

Devoluciones.- Todos los costos asociados con la recepción y el reemplazo de producto defectivo devuelto.

Garantías.- Todos los costos relativos al servicio hacia los clientes bajo contratos de garantías.

Descuentos.- Costos de concesiones hechas a clientes, debido a productos por abajo de los estándares, aceptados tales por los clientes. Se incluyen pérdidas en utilidades debido a productos sub-estándares vendidos como productos de segunda. La tendencia de los costos por fallas externas, se pueden observar en la Fig. # 4.5.

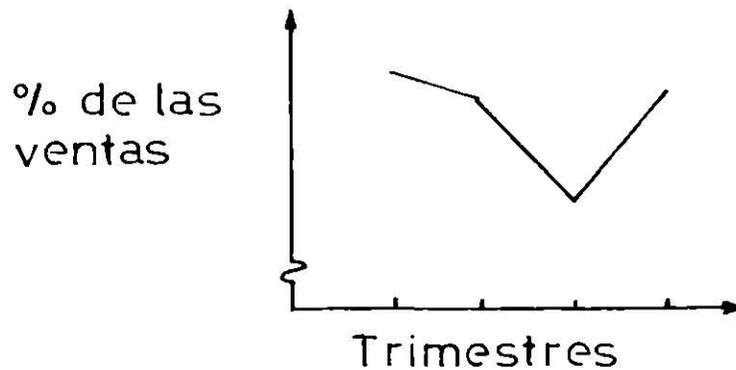


Fig.4.5. Costos por fallas externas

TENDENCIA DE LOS COSTOS DE CALIDAD EN
 RELACION CON LAS VENTAS
 Compañía XYZ. Diciembre.

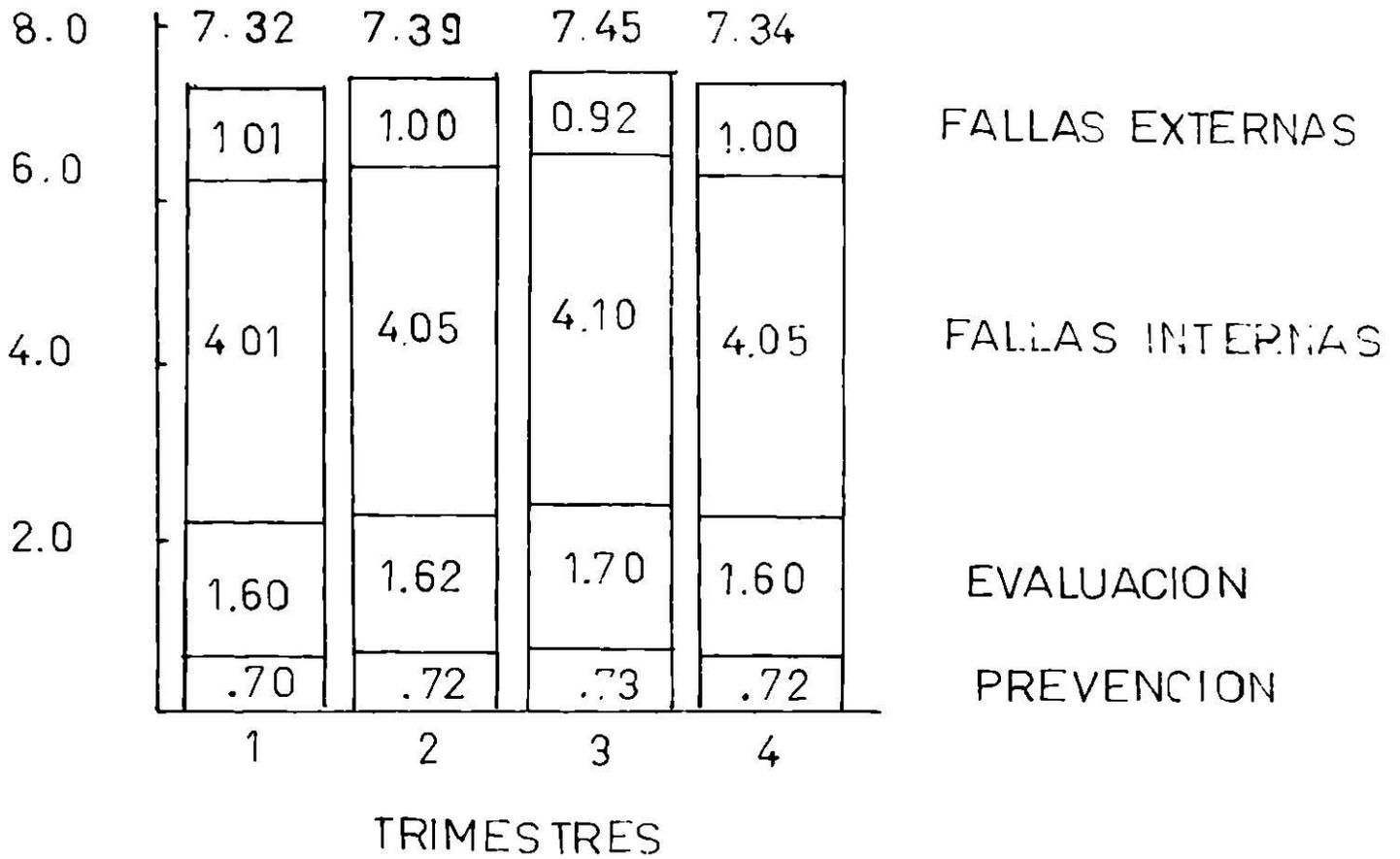
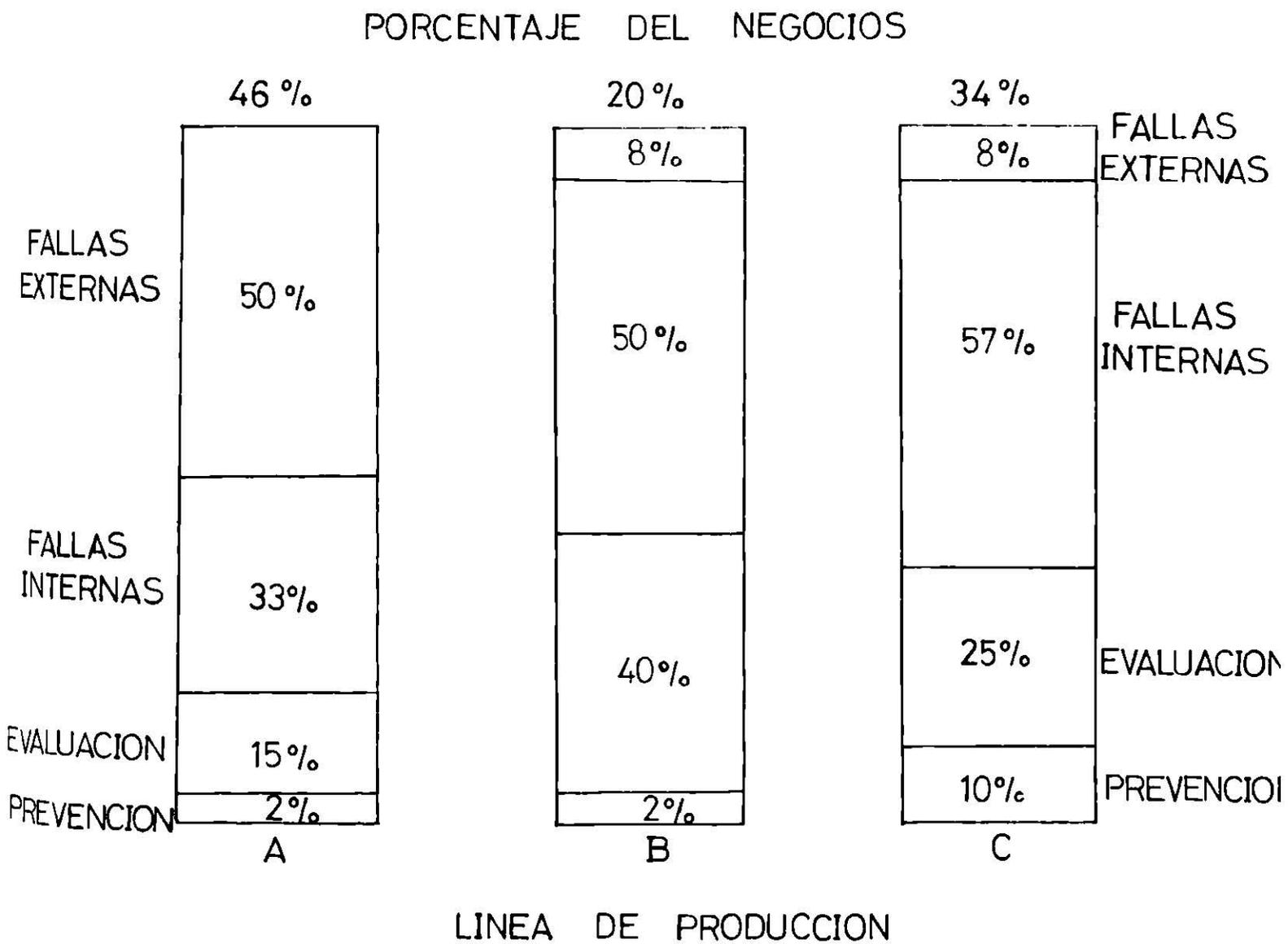


Fig 4.6

FIG.#4.7.-TRASTORNO DEL COSTO DE CALIDAD EN LA LINEA DE PRODUCCION



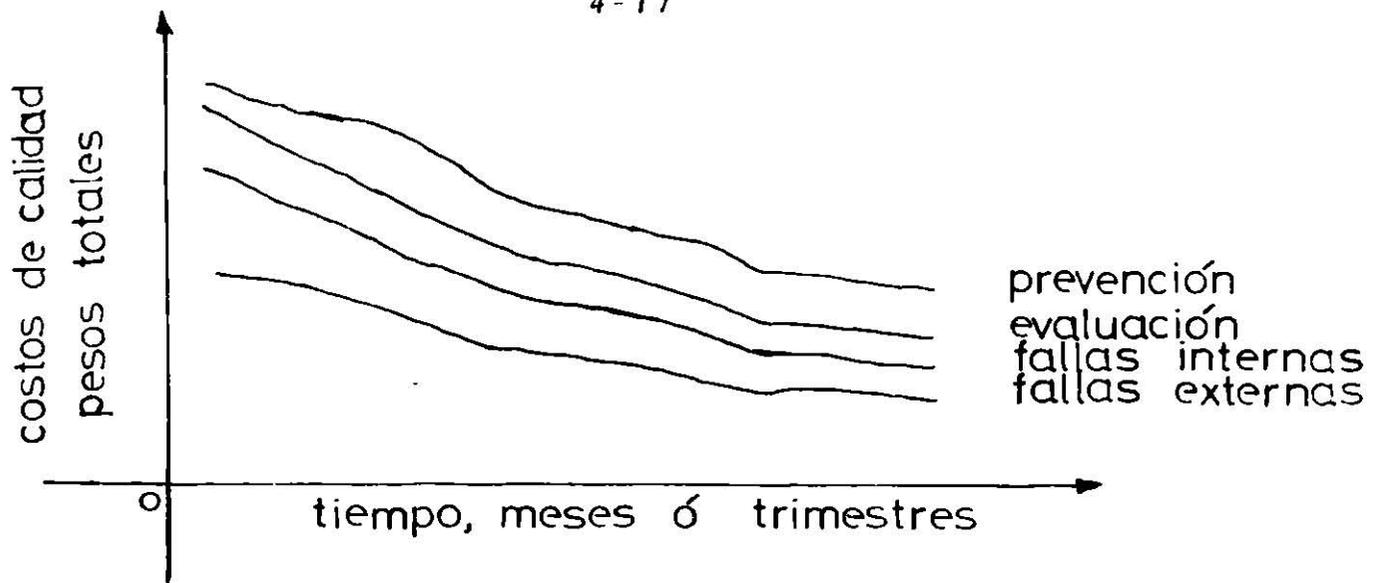


FIG.#4.8(a).-Reporte gráfico, costos de calidad en pesos

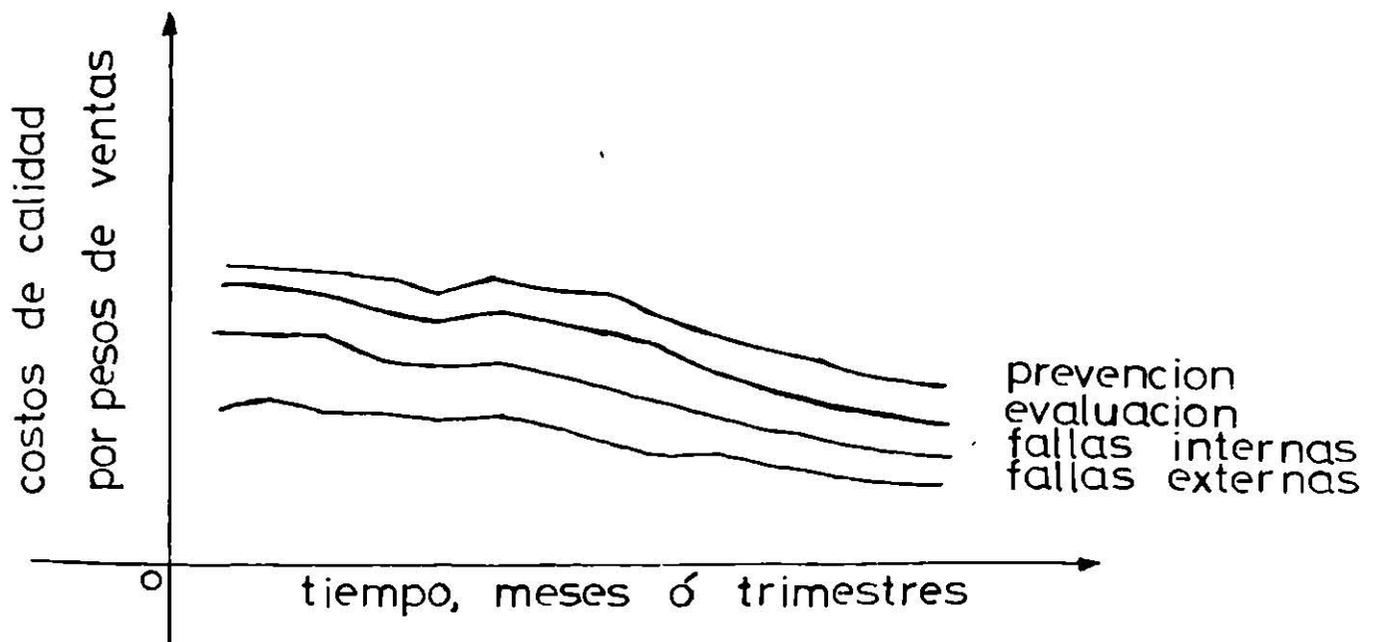
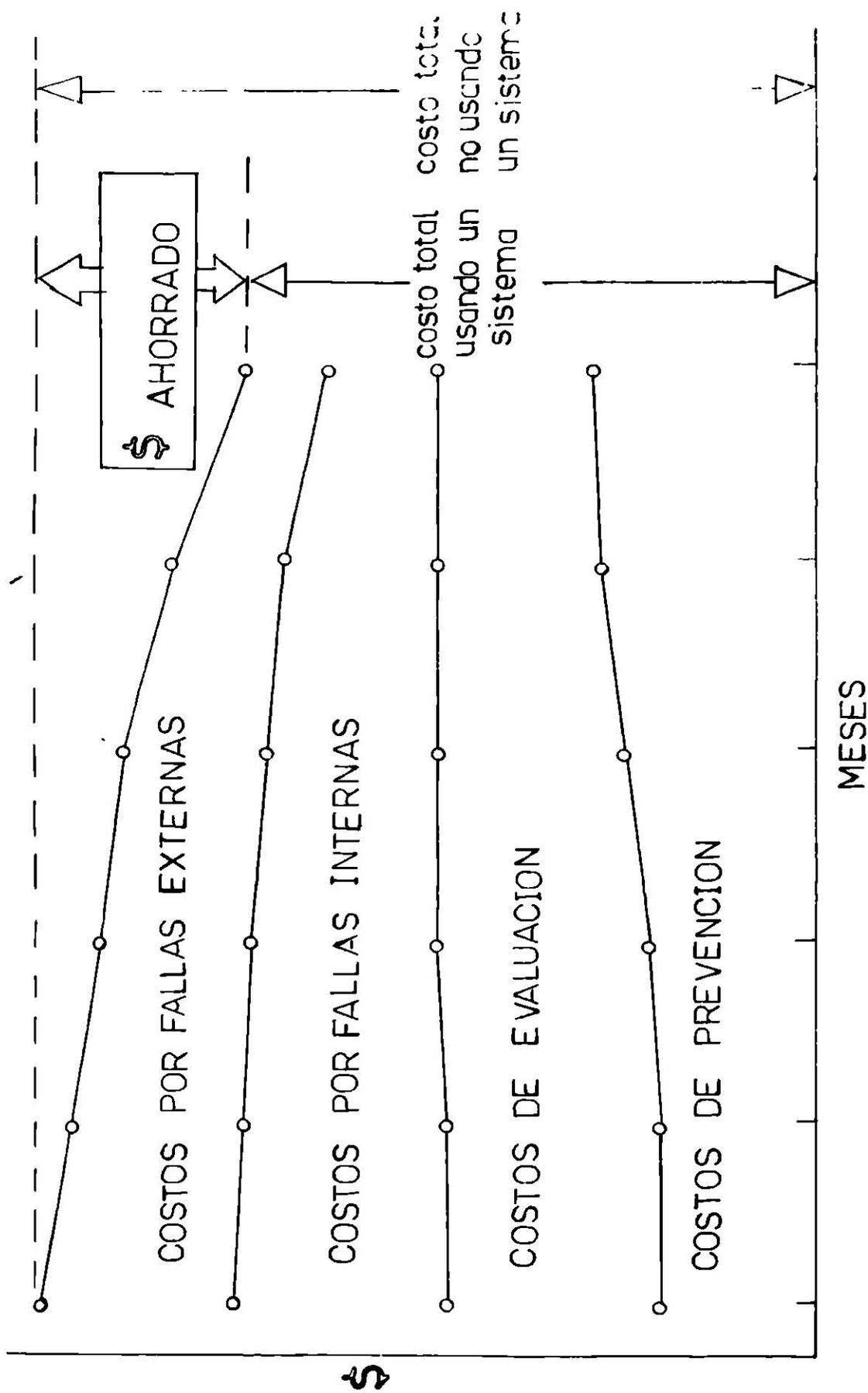


FIG.#4.8(b).-Reporte grafico, radio de costos de calidad para ventas

FIG. #4.9 PREDICCIÓN DE TENDENCIAS DE LOS COSTOS DE CALIDAD



4.1.3.- ANALISIS GRAFICO.

Cuando el sumario de costos de calidad es presen-
tado a la gerencia, la pregunta usual de éstos es: ¿Cuáles
son los costos de calidad exactos y cuál es el óptimo de
éstos?. La gerencia solicita un estandar contra el cuál
comparar sus costos actuales, de tal manera que ellos pue-
dan hacer un juicio decisivo sobre si existe la necesidad
de estructurar un programa de mejoras mediante el conoci-
miento del provecho o ahorro económico alcanzable.

Los métodos principales para llevar al nivel óp-
timo de costos de calidad, son los siguientes:

1.- El uso de datos del mercado sobre costos de
calidad.- En esta aproximación, la fuentes de información
la constituyen los datos de costos de calidad en otras com-
pañías. La falla principal de este método, es la gran va-
riación que existe entre las distintas industrias.

2.- El proceso presupuestario.- Las compañías
- buscan el control de los costos totales al hacer presupes-
tos para cada proceso regular. Así se hacen presupuestos
para los costos de inspección, los cuales son de uso uni-
versal basados en estándares, costos de prevención basados

en historial, costos de fallas, también basados en historia. Algunas compañías han basado su atención, no en los costos, sino en la varianza de éstos, lo cual tiende a perpetuar malos niveles de presentación, ya que no hay signos de alarma cuando los costos corrientes no son peores que = los costos anteriores. La debilidad en los procesos presupuestarios no es meramente el uso de estándares dudosos, - más significante es aún el hecho de que presupuestando varios elementos de costos de calidad, no se logra optimizar el total. Como los elementos son interrelacionados, el hecho es utilizado en la aproximación de la optimización de los costos de calidad basados en los radios de las categorías de costos.

3.- Radios para las categorías de costos de calidad.- Este modelo se basa en la interrelación existente entre las categorías de costos, la gráfica base es presentada en la Fig. # 4.10, la cual es formada por las curvas de los principales costos de calidad. Estos consisten en:

a) Los costos de evaluación y prevención.- Cuando éstos costos son cero, el producto es 100% defectivo. El límite a la izquierda. Para mejorar el grado de conformidad del producto, éstos costos son incrementados hasta a aproximarse a la perfección. Aquí los costos de prevención

son de forma asíntota, llegando a ser infinitos al 100% de conformancia.

b) Los costos de fallas debido a la existencia de defectos.— En el límite de la derecha. El producto es 100% bueno, por esto no existen defectos y hay cero costos de fallas. Según la no conformancia se fije, los costos de fallas alcanzan hasta el 100% de no conformancia. El límite izq. de la gráfica. El producto es 100% defectuoso. En este punto ninguna de las unidades es buena, y los costos de fallas por unidad buena llega a ser infinito.

La curva de los costos totales de calidad tienen un mínimo, el cual no es meramente un concepto filosófico, sino que tiene un significado práctico y aplicación.

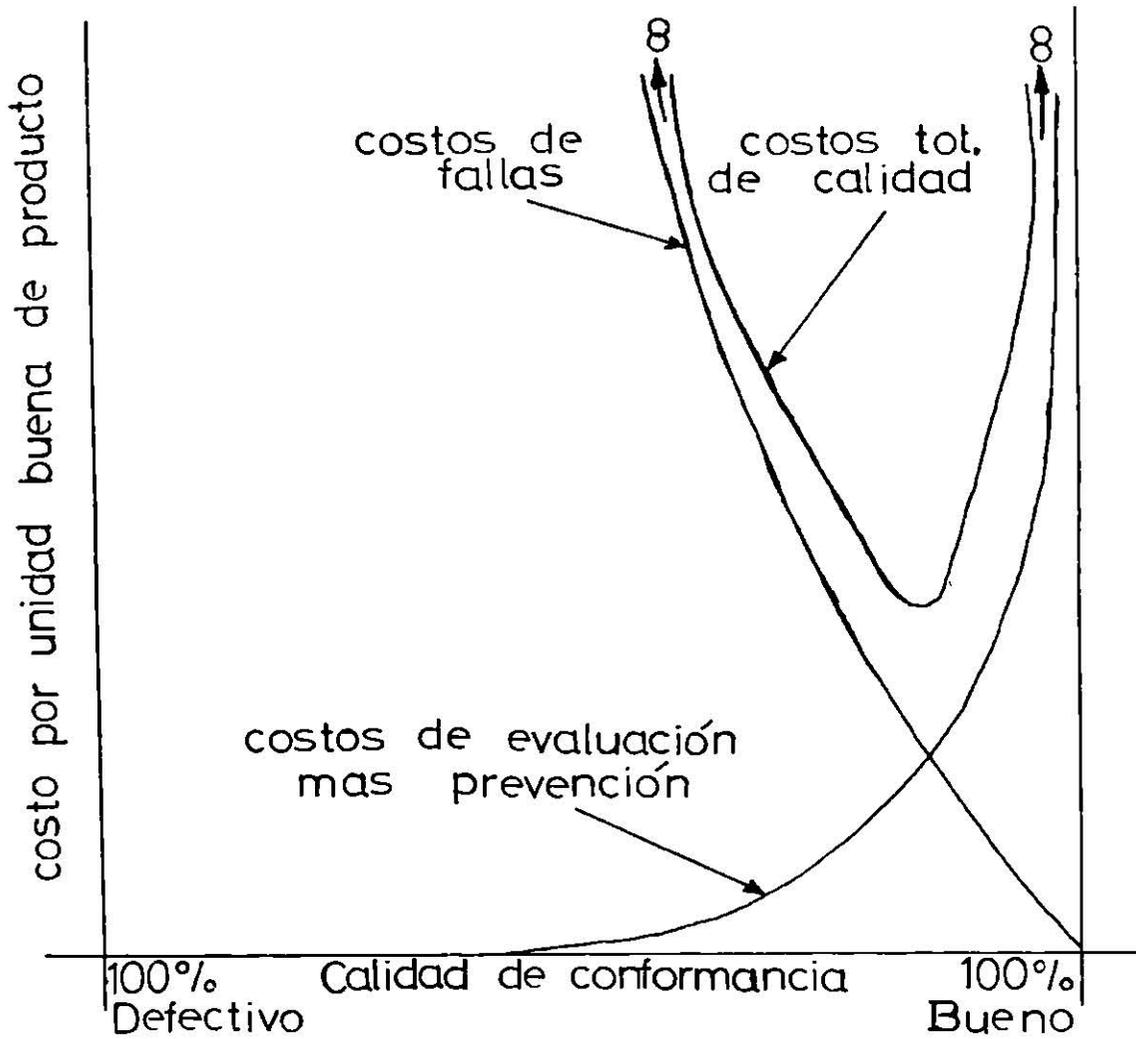


FIG. #4.10.-Modelo para costos de calidad óptimos

La aplicación del modelo de la Fig. # 4.10 es vista en la Fig. # 4.11, la cual divide la curva de los costos totales de calidad en tres zonas. Estas zonas pueden ser identificadas usualmente de los radios prevaletes de las principales categorías de los costos de calidad como sigue:

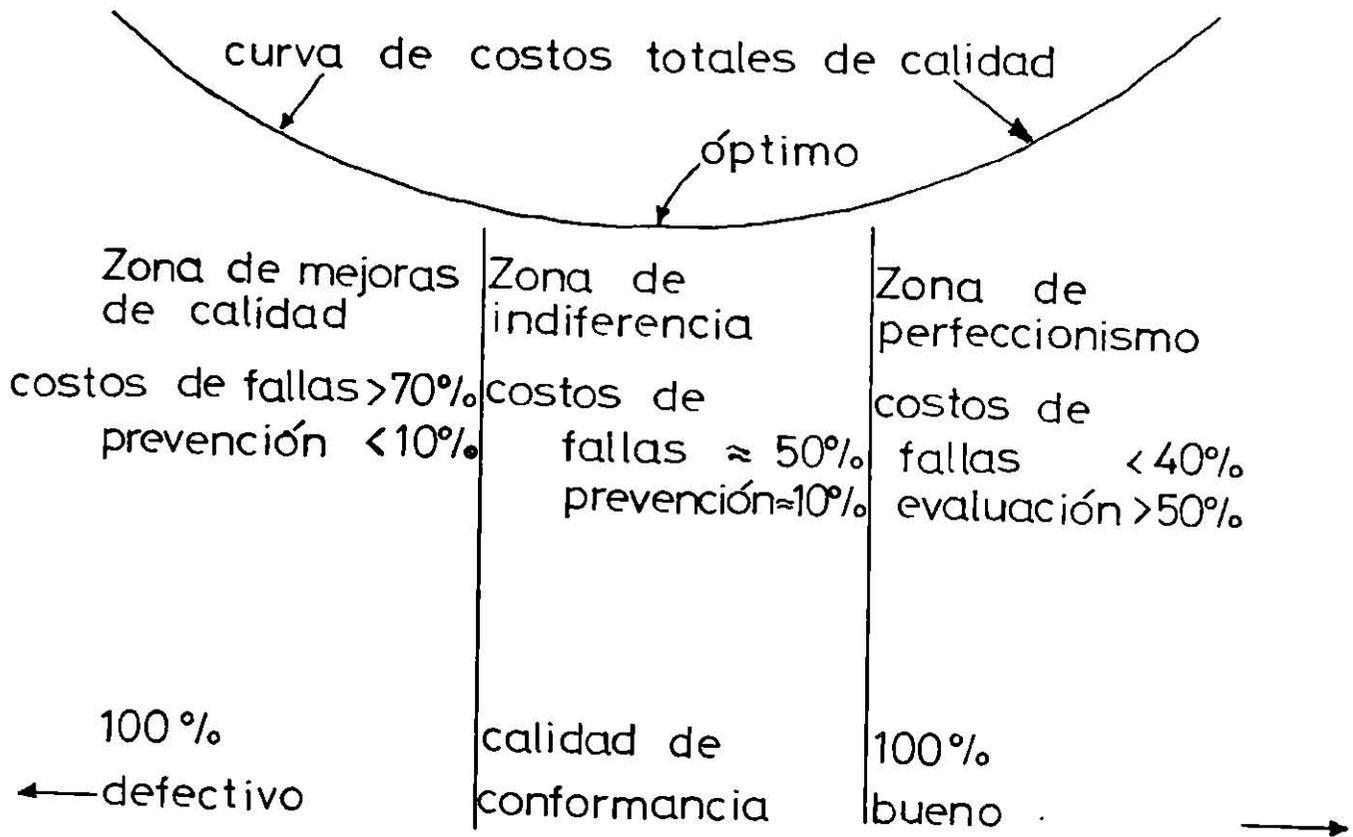


FIG.#4.11.-Modelo del segmento óptimo de costos

Zona de mejoras de calidad.- Esta es la porción de la izquierda de la Fig. # 4.11. La presentación de los costos de fallas los cuales, constituyen sobre el 70% de los costos de calidad totales, mientras que los costos de prevención están bajo el 10% del total. En tales casos, la experiencia ha demostrado que existen proyectos de mejoras aprovechables esperando a ser estudiados y aplicados.

Zona de perfeccionismo.- Esta es la zona de la derecha de la fig. # 4.11 y usualmente se caracteriza por el hecho de que los costos de evaluación exceden a los costos por fallas. En tales casos es usual encontrar, en un amplio estudio, que el perfeccionismo se ha alcanzado. Ahora el proyecto de mejoras consistente en descubrir y quitar los costos indebidos del perfeccionismo. Esto puede ser hecho por programas tales como:

1.- Estudiando los costos de detectar los defectos comparados con el daño hecho si no son detectados.

2.- Revisando los estándares de calidad para ver si son realistas en relación con su adaptabilidad.

3.- Observando si es factible reducir la inspección a través de algunos otros procesos como capacitación, etc.

4.- Considerando la factibilidad de comprobar las bases de decisión, para reducir los costos de inspección.

Zona de indiferencia.- Esta es la zona central de la Fig. # 4.11. En esta zona el óptimo ha sido alcanzado o aproximado demasiado, y por esto el problema llega a ser de control para mantener este nivel óptimo. General--

mente, la zona de indiferencia se caracteriza por el hecho de que aproximadamente la mitad de los costos de calidad, son costos por fallas, mientras que los costos de prevención son aproximadamente el 10% del total de los costos de calidad.

4.1.4.- PRESENTACION A LA ADMINISTRACION SUPERIOR.

La fase importante de presentación de costos de calidad, es para el propósito de convencimiento de la admnistración superior para que se acepte el peso de un programa de mejoras. Para tal convicción, los especialistas de calidad han hecho uso de los principios siguientes para la presentación de tales costos:

1.- Establecer aquellos costos de calidad que son de magnitud y naturaleza suficiente para obtener atracción de la atención de la administración. Esto es hecho mediante la presentación de simples sumarios del total de costos de calidad, y de elementos principales que constituyen estos sumarios.

2.- Identificar algunas de las oportunidades más convenientes para hacer mejoras. Este debe hacerse de la manera siguiente:

a) Simplificar los elementos individuales de los costos que parezcan tener potencial y dramatizarlos.

b) Preparar una matriz para mostrar la concentración de costos de calidad. La gerencia puede encontrar tales presentaciones de gran ayuda en establecer prioridades para proyectos.

c) Preparar un análisis de pareto, para mostrar cuales elementos de los costos de calidad, son los poco vitales y cuales los mucho triviales.

d) Preparar la recuperación de la inversión estimada para proyectos específicos. Estas estimaciones incluyen el potencial de mejoras y el esfuerzo analítico requerido para descubrir causas y encontrar remedios.

e) Preparar y presentar el sumario de costos de calidad por categoría de costos.

Tablero de control de resultados.- Como el programa de costos de calidad logra reducir los costos de calidad hasta un punto aproximado al óptimo, éste entra en la fase de control. En esta fase la necesidad es establecer estándares y presupuestos, los cuales reflejan los costos alcanzables y establecer un tablero continuo de resultados, sobre como se comparan los costos actuales de calidad con estos presupuestos..

El tablero de resultados contínuos, debe estar basado en un sistema formal de colección de datos llevados a cabo con la total colaboración -el departamento de contabilidad. Si esto falla, surgirán problemas contínuos debidos a la presencia de múltiples sistemas de contabilidad - de costos, conflictos en los sumarios presentados en los reportes de costos, y disputas acerca de la jurisdicción de la presentación de datos de costos a gerencia.

Para recoger y usar sistemáticamente los datos de costos, se requiere:

Una lista o carta de cuentas contra la cual se puedan hacer cargos de todos tipos. Como salarios, desperdicios, demoras.

Un sistema de registro, mantenido para facilitar la colección de cargos para procesamiento de datos.

Un plan para sumarizar los datos de manera tal que simplifique la interpretación a gerencia.

Establecimiento de bases de comparación, más estándares y presupuestos.

Publicación de los resultados de forma conveniente para control de gerencia. Estos resultados son publicados en reportes, los cuales pueden ser de 3 formas principales: 1) Tabulares, Fig. # 4.12; 2) Gráficos, Fig. # 4.8 y 3) Narrados.

	Este mes	
	Costos	Porcentaje del total
Costos de prevención		
Administración de C.C.....		
Ingeniería de C.C.....		
Otras planeaciones de C.....		
Entrenamiento.....		
Prevención total.....		
Costos de Evaluación		
Inspección.....		
Pruebas.....		
Control de vendedores.....		
Control de mediciones.....		
Materiales consumidos.....		
Auditorías de C. del producto.....		
Evaluación total.....		
Costos por fallas internas		
Desperdicio.....		
Reproceso.....		
Pérdidas de vendedores.....		
Análisis de fallas.....		
Interno total.....		
Costos por fallas externas		
Fallas-manufactura.....		
Fallas-ingeniería.....		
Fallas-ventas.....		
Cargos de garantías.....		
Análisis de fallas.....		
Externo total.....		
Costos totales de calidad		
Bases		
Trabajo directo.....		
Costo de conversión.....		
Ventas.....		
Ratio		
Interno a trabajo directo.....		
Interno a conversión.....		
Total de ventas.....		

FIG #4.12.-Reporte tabular

4.2.- MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD.

El hecho de que grandes sumas de dinero (o intangibles importantes) sean arriesgadas, es porque los directores mismos no aprueban la necesidad de un programa de mejoramiento. En una gran compañía, muchos costos son altos como son las compras de materiales, mantenimiento de la planta, etc. Es necesario, un vital adelanto para la identificación y selección de los proyectos de programas de mejoramiento de la calidad los pocos problemas específicos - para los cuales hay un gran potencial de mejoramiento en relación con los costos de análisis y remedios. El listado del proyecto, es lo que convierte un programa vago, en un número limitado de tareas de mejoramiento especificadas primordialmente, como las siguientes: presupuestos, mano de obra, y otros soportes que son legalizados. Un programa que no ha sido identificado con estos proyectos, literalmente desconoce hacia donde se dirige..

4.2.1.- ANALISIS DE PARETO.

Los directores siempre están conscientes de que numerosos problemas y situaciones que se les presentan, varían en importancia. En Marketing, el 80% de las ventas, las realizan el 20% de clientes claves. En relaciones industriales, un ligero porcentaje de empleados, cuentan pa-

ra casi todo el ausentismo. En control de inventarios, un bajo porcentaje del catálogo de artículos sueltos, cuentan para casi todo el inventario en pesos. En análisis de costos, casi el 20% de partes, contienen el 80% de los de la fábrica. El 80% del costo de un producto, se estima para su función básica, mientras que para las secundarias se estima únicamente el 20% del costo. En control de calidad, el volumen del campo de fallas, demoras, desperdicios, re-procesados, clasificaciones y otros costos de calidad, son alineados hacia un campo vital de pocas fallas de forma, - defectos de taller, productos, componentes, procedimientos vendedores, diseños, operadores, etc.

La función básica a través de todos éstos fenómenos, es el principio de "Pocos vitales y muchos triviales"

Los poco vitales, son miembros de una variedad estimada para casi toda la cantidad del efecto. El volu--men de los mucho triviales, son estimados como muy peque--ños del efecto total.

Hace muchos años, el autor llegó a estar con--siente de que éste fenómeno de "pocos vitales y muchos -triviales", era universal. Durante la época de los 40's, él le dió el nombre de "EL PRINCIPIO DE PARETO", y bajo éste nombre ha perdurado.

El mejor uso del principio de Pareto, es en el diseño de programas de mejoramiento de la calidad. Aquí el principio tiene una extensa aplicación que no se aproxima inteligentemente para que el mejoramiento de la calidad sea posible sin él. El mejoramiento, puede ser justificado únicamente para los proyectos de los "pocos vitales". Estos son proyectos, los cuales contienen el volumen de la oportunidad para el mejoramiento de fallas tipo, costos de calidad, demoras, rendimientos de los procesos, etc.

Los proyectos de los "pocos vitales", son identificados a través del "análisis de Pareto". En su forma más básica, éste consiste de un listado de las contribuciones del problema, en el orden de su importancia.

La dirección del principio, en la selección de proyectos de programas de mejoramiento es, hacer el más grande mejoramiento con el esfuerzo mínimo. Para encontrar las áreas del mejoramiento potencial más grande, son llevados a cabo los esfuerzos por esta herramienta tan indispensable, que es el "análisis de Pareto". Esta herramienta es la que pone en estado de identificación los proyectos de los "pocos vitales", los cuales contienen el volumen del potencial de mejoramiento.

A continuación, se presenta un ejemplo de la aplicación práctica del "análisis de Pareto", en su forma primaria y gráficamente.

En la Fig. # 4-13, hay un listado del trabajo de 10 tejedores en el departamento de tejido. Los tejedores son mostrados en un orden, reflejando la extensión a la cual, ellos produjeron productos defectuosos durante este mes.

tejedor	metros defectuosos	porcentaje del total de metros defectuosos	metros acumulados de defectuosos	porcentaje acumulado
A	26.50	35.45	26.50	35.45
B	20.25	27.10	46.75	62.55
C	12.75	17.06	59.50	79.61
D	5.25	7.02	64.75	86.63
E	3.25	4.35	68.00	90.98
F	2.25	3.00	70.25	93.98
G	2.00	2.68	73.50	96.66
H	1.25	1.67	74.50	98.33
I	0.75	1.00	74.25	99.33
J	0.50	0.67	74.75	100.00

FIG. #4.13 Analisis de Pareto para tejidos defectuosos

Se ha visto que hay sorprendentes diferencias en toda la extensión de defectuosos. El tejedor "A", estima para 26.5 metros defectuosos o 34.5% de todos los defectuosos, mientras que algunos de los otros tejedores tuvieron menos del 5% de defectuosos.

Cuando el dato es acumulado (últimas 2 líneas en Fig. 4.13) es evidente, a la vez que tres de los tejedores los poco vitales, hacen estimaciones para el 79.61% del total de metros defectuosos. En contraste, los siguientes 7 tejedores, los mucho triviales, hacen estimaciones para únicamente el 20.39% de metros defectuosos.

Una representación común gráficamente de los datos de la Fig. # 4.13, es mostrada en la Fig. # 4.14. El esquema nuestra dos curvas: 1] Un histograma de frecuencia de los defectuosos por tejedor; y 2] Un histograma de frecuencias acumulativas trazables.

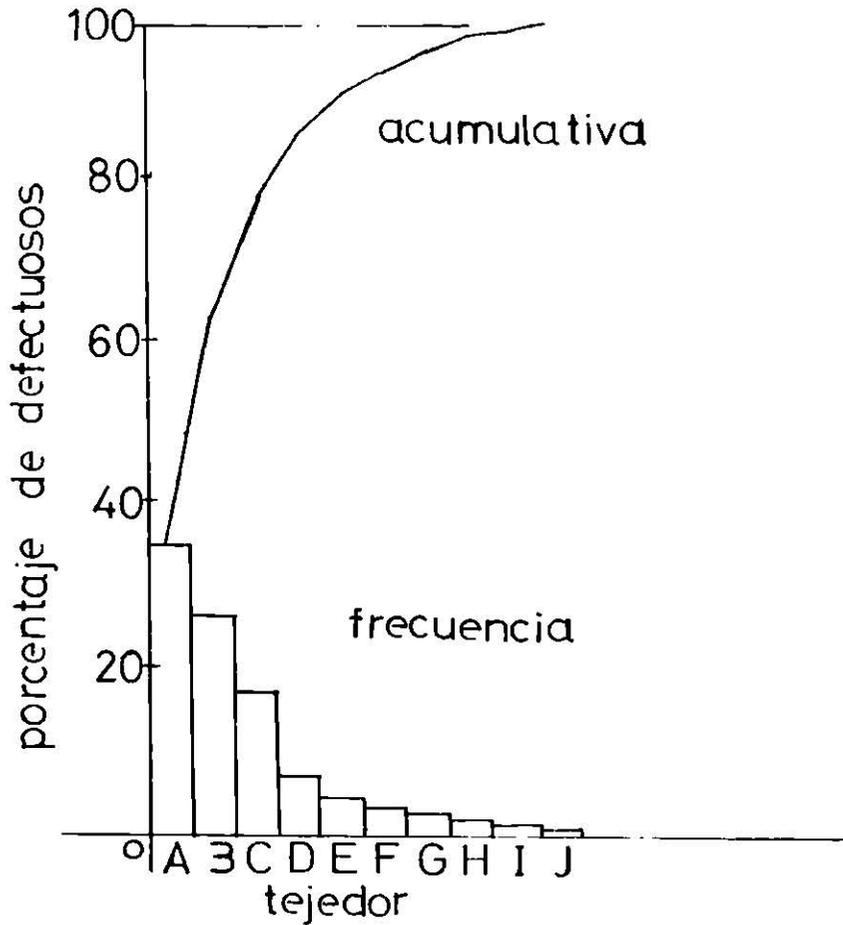


FIG.#4.14.-Análisis de pareto para tejidos defectuosos

Una variación útil en el esquema, es visto en la Fig. # 4.15, la cual hace más clara la relación de las contribuciones individuales a las totales acumulativas.

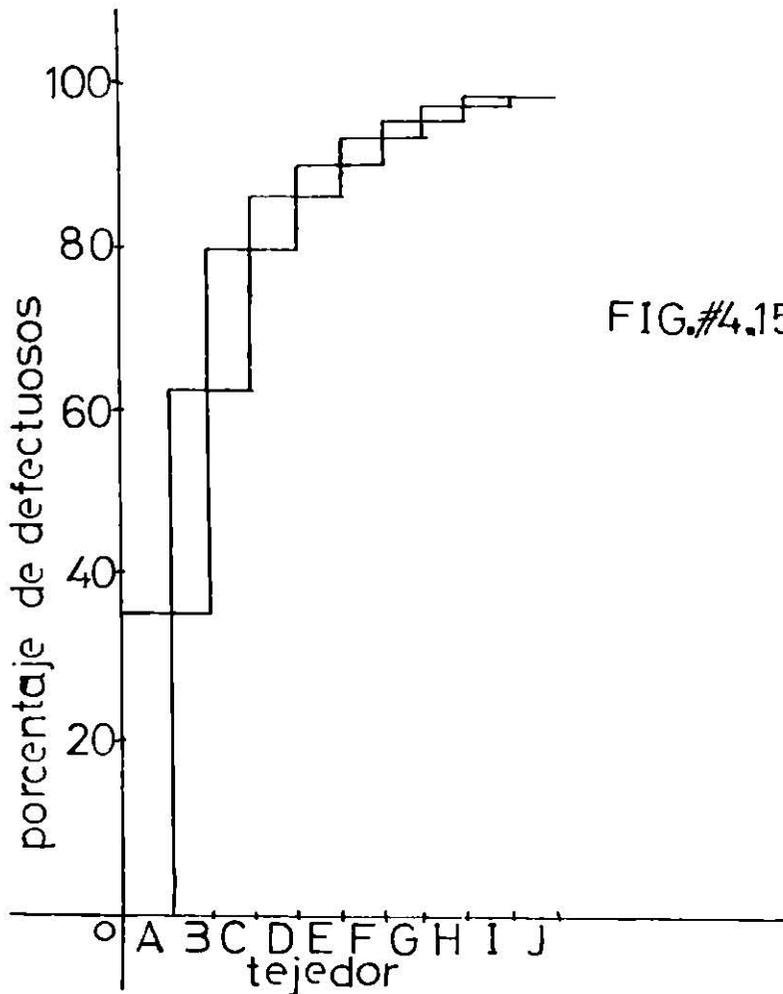


FIG.#4.15.-Alternativa del diagrama de pareto

El anterior listado de tejedores, es un ejemplo del "análisis de pareto" en su más rudimentaria forma (por operador de producción). El análisis puede ser también hecho en una variedad de formas, por tipos de defectos, tipos de procesos, máquinas, datos de manufactura, etc. El intento de encontrar una mala distribución para la cual - hasta los proyectos en potencia más pequeños, puedan preveer el más grande potencial de perfeccionamiento.

4.2.2.- ANALISIS DE PRECISION Y FALLAS.

Un producto preciso o confiable, es aquel del que se puede esperar que realice la función para la cual fue diseñado, en el momento que se le necesite.

La contabilidad o precisión de funcionamiento de los productos, presenta un campo del mayor interés para el control de la calidad.

El énfasis sobre la confiabilidad como parte de la calidad de un producto, ha venido en aumento en una forma significativa. Esto se debe a ciertas tendencias modernas como:

1.- Un mayor empleo de productos automáticos o autómatas, de procesos de producción y de sistemas.

2.- La creciente complejidad de éstos productos, de los procesos de producción y de los sistemas.

Este énfasis sobre la confiabilidad en el producto, es una tendencia cuya significancia continuará aumentando a medida que los productos se hagan más automáticos y más complicados en las áreas de producción.

Las condiciones de confiabilidad de un producto quedan terminadas por los requisitos impuestos por el comprador. Existe una determinada norma de confiabilidad del producto que proporciona el sistema más económico para satisfacer esas necesidades. Pero si esta norma se establece muy baja, el costo total efectivo para el comprador puede ser muy alto, motivado por las reparaciones excesivas, mantenimiento y costos imprevistos. Si se especifica una norma indebidamente alta, los costos totales también resultan elevados, debido a una mayor cantidad de requisitos para las piezas o los conjuntos.

Existe entonces un punto para el valor óptimo de la confiabilidad, en el cual se obtienen los menores costos totales, tanto para el comprador como para el fabricante. Probablemente que no podrá fijarse completamente este punto, debido a los esfuerzos dinámicos de la industria para dar al consumidor una progresiva seguridad, sin aumentar los costos del producto, y al mismo tiempo mientras se reducen éstos costos del producto.

Los compradores han reclamado que ellos esperan esta norma de confiabilidad del producto, sin un debido aumento del precio que pagan a los fabricantes.

Como una ayuda en estas circunstancias, identificando los lugares en que realmente se requiere, los costos de calidad se descomponen en sus respectivos elementos. - Por lo que respecta a los costos de calidad de la confiabilidad de los elementos, se han considerado totalmente varios de los segmentos de los costos de confiabilidad: -

1) Ciertos costos relacionados con la confiabilidad se deben de incluir al programar un sistema de calidad y supervisarlos para estar seguros de que se puede lograr la confiabilidad deseada. Estos se pueden considerar como costos de prevención y de apreciación.

2) Estos costos se deben de compensar con los costos de los fracasos para el logro de la confiabilidad del producto que se haya especificado.

3) Los costos totales de la calidad dentro del sistema de calidad de la compañía, se deben de considerar en su punto de vista más favorable, a fin de cumplir con la meta de la calidad de la compañía, incluyendo el elemento de confiabilidad.

La confiabilidad del producto es una de las cualidades de ese producto. Sencillamente, es la cualidad -

que da la probabilidad de que el producto o aparato "funcionará".

"La confiabilidad de un producto, es la probabilidad de que ese producto desempeña las funciones para las que ha sido proyectado, durante un tiempo de servicio previsto, y bajo las condiciones de operación que se presentan".

Dentro de este concepto, de confiabilidad, existen cuatro elementos de significancia, que son:

- 1.- Probabilidad,
- 2.- Rendimiento,
- 3.- Tiempo y
- 4.- Condiciones de operación.

1.- Este elemento toma en cuenta la variación que transforma la confiabilidad en una probabilidad. Cada unidad aislada de un producto puede presentar variaciones con respecto a las demás unidades. Para determinado número de unidades se puede tomar cierto promedio de duración.

2.- La confiabilidad indica una característica de calidad de rendimiento. Para que un producto ofrezca -

seguridad, debe satisfacer cierta función o desempeñar un trabajo en el momento que se le reclame.

3.- La confiabilidad, establecida como una probabilidad de que el producto desempeñe una función, debe de identificarse con un determinado período de tiempo.

4.- El último elemento, se refiere a las condiciones de operación que se presenten. En esto se incluye la aplicación y las circunstancias de operación bajo las cuales se emplea el producto.

Medición de la confiabilidad.- Una medición básica de la probabilidad de confiabilidad de un producto (o sea la probabilidad de su duración en servicio) se basa en el tiempo medio entre desperfectos. La mayor parte de los análisis de confiabilidad se fundan en estudios estadísticos para identificar, producto-a-producto, y componente-a-componente, las distintas formas de las fallas en función del tiempo, durante el ciclo de vida de los productos o componentes. Se dispone de una gran cantidad de datos de esa confiabilidad, como resultado de los estudios resultantes. El modelo que parece ser básico para la mayoría de los productos, se observa en la Fig. # 4.16.

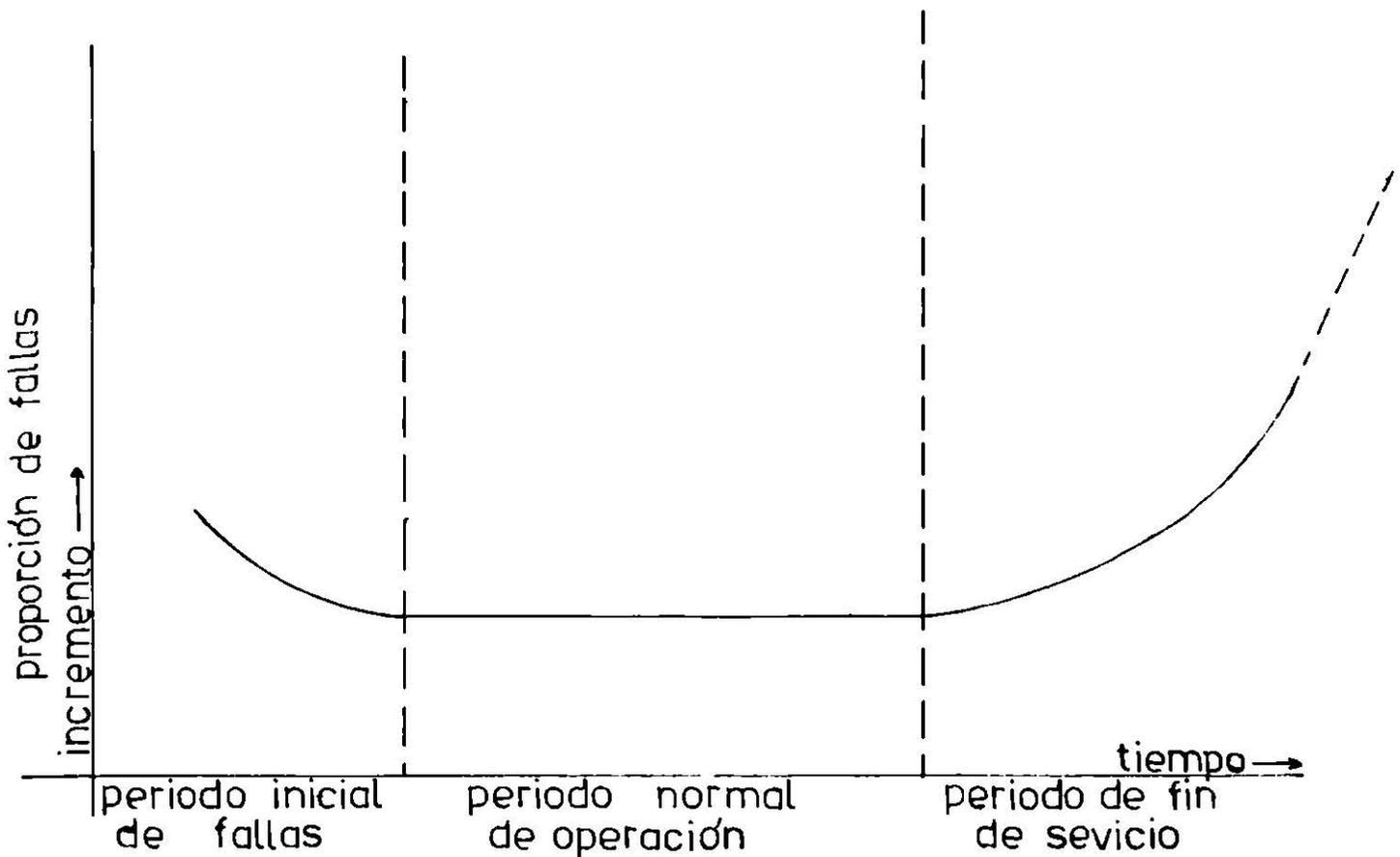


FIG. #4.16 curva general de la característica de vida

El ciclo de vida consta de tres periodos distintos:

1.- *Periodo inicial de mortalidad*, se debe a las fallas anticipadas debidas a "causas asignables" de naturaleza no imputable al azar. Se distingue este periodo por la elevada intensidad de fallas, las cuales decrecen con rapidez.

2.- El segundo periodo se distingue por una in--

tensidad casi constante de fallas, éstas ocurren solo en forma casual, asociadas a un sistema de costos.

3.- Período final de servicio. Se nota que la intensidad de fallas crece muy rápidamente, al mismo tiempo que los elementos que aún sobreviven se acercan a cero, hasta que todas las unidades fallan y no queda ninguna por "morir".

4.2.3.- PROGRAMAS PERMANENTES DE LOS PROCESOS DE MEJORA- MIENTO.

En algunos casos, el costo de un producto eficaz puede ser tan elevado, que justifique un programa de varios millones para la investigación y desarrollo, a fin de lograr un incremento de un ligero porcentaje en la confiabilidad de un componente crítico o de un sistema. Para la mayoría de los productos industriales y comerciales, no se puede exigir un gasto excesivo. El incremento de la confiabilidad se puede lograr como resultado del esfuerzo aunado del personal técnico y del personal obrero de la industria, y que se haya asignado en particular para desarrollar el producto de que se trate.

La comprobación constante es necesaria para obte

ner datos completos sobre los cuales se puedan basar los programas para mejorar la confiabilidad. Estos datos eventualmente se podrán acumular como resultado de experiencias en el terreno; pues para la mayoría de los productos, se requiere un tiempo mayor que los límites usuales. Por lo tanto, el producto puede quedar sin aplicación antes de que su confiabilidad se pueda mejorar.

Las pruebas aceleradas, se usan con frecuencia, cuando la naturaleza del dispositivo lo permita. Esto se puede lograr con un aumento de los esfuerzos de las circunstancias externas, para descubrir la debilidad del producto, en el período más corto de tiempo. Estas pruebas aceleradas de duración serán de valor, solo hasta el punto en que guarden relación con las pruebas de empleo efectivo de vida o las pruebas intensivas de vida. Pasado este límite, otros factores, algo diferentes de los que pueden encontrarse en el empleo efectivo, intervienen dando una decepción y una falsa evaluación de la duración.

Es importante que, si el dispositivo que se va a someter a pruebas aceleradas es muy simple y su vida depende de una falla sencilla de mecanismo, que se puede acelerar aumentando ciertos esfuerzos, muy poca correlación se podrá obtener.

Cualquiera que sean las pruebas usadas, se deben normalizar a las condiciones externas, y el tiempo medio - resultante entre fallas, se debe referir a alguna norma de confiabilidad. Esta referencia se debe hacer por medio de una línea de regresión que establezca la liga entre los resultados de las condiciones-de-prueba con los resultados de las condiciones-de-empleo efectivas. Esto es indispensable para lograr datos de significancia.

A causa de lo costosas que resultan estas pruebas, porque se deben de efectuar durante períodos de tiempo realmente grandes y generalmente se consumen durante la prueba los dispositivos que se prueban, es importante sacar la máxima eficiencia de ellas, es decir, la mayor información en el menor tiempo y con el menor costo posible.

Las pruebas continuadas de confiabilidad; proporcionan los datos, cuyo análisis indica hacia donde se debe dirigir el esfuerzo técnico para incrementar la confiabilidad. Un aumento consistente de la confiabilidad por medio de un cambio efectivo del diseño, por el cambio de métodos o por mejoría del control de calidad, generalmente suministra el medio económico para alcanzar la meta requerida para la confiabilidad del producto.

A continuación se presentan tres de los subgrupos, para asegurar la confiabilidad con los resultados, de operación del sistema de la calidad.

1.- Apreciación de la calidad antes de la producción.

a) Determinar la norma de confiabilidad que exige el consumidor para el producto,

b) Identificar con toda claridad las circunstancias externas que rodearán el producto,

c) Determinar el equilibrio económico entre la confiabilidad y los costos totales para lograrla,

d) Lograr el diseño más favorable para conseguir la confiabilidad del producto que se requiere,

e) Seleccionar los procesos y los parámetros del proceso que contribuyan a una alta confiabilidad del producto.

f) Demostrar por medio de pruebas sobre los modelos o en las fabricaciones piloto, que se puede lograr la confiabilidad requerida,

g) Eliminar lo más que sea posible en los diseños del producto y en el proceso, cualquier amenaza para la confiabilidad del producto.

2.- Planeación, evaluación y control de la calidad del material adquirido.

a) Aclarar el bosquejo de los requisitos con el vendedor,

b) Evaluación de la capacidad del vendedor para la producción de productos con la confiabilidad requerida,

c) Evaluación de la confiabilidad del producto del vendedor en una forma continuada,

d) Coadyuvar con el vendedor para mejorar la confiabilidad del producto.

3.- Servicio de la calidad después de la producción.

a) Revisar la garantía y la seguridad correspondiente a la confiabilidad del producto y su justo arreglo,

b) Apreciar la confiabilidad de los productos de los competidores.

c) Establecer una corriente de información, de la industria, al terreno, relativa a los problemas anticipados de confiabilidad y su acción correctiva.

d) Establecer una corriente de información del terreno a la industria con relación a los problemas de confiabilidad que se hayan descubierto y su acción correctiva.

e) Certificación de la confiabilidad del producto para el comprador,

f) Glosar la confiabilidad del producto después de su embarque, durante y después de su almacenamiento, - después de su instalación, y durante su empleo.

g) Mantenimiento de la confiabilidad por medio de instrucciones convenientes que se refieran a su instalación, mantenimiento y empleo; capacidad de servicio del - producto, procedimiento y herramientas para las reparaciones; costos de la calidad y oportunidad de su servicio en el terreno.

h) Medir el rendimiento de la confiabilidad del producto en el terreno por sus costos y la proporción de las fallas.

CAPITULO V

FUNDAMENTOS ESTADISTICOS

En la actualidad, en el campo productivo industrial se hacen necesarios mejores métodos de medición, de especificación y de registro. La técnica de mayor valor conocida en medición, es la estadística, la cual es imprescindible en las tareas de control de calidad.

El control de calidad estadística, requiere un cierto grado de conocimientos de estadística elemental, para su mejor comprensión y aplicación.

ESTADISTICA.- "Son las técnicas utilizadas para reunir o agrupar datos de tal manera que se pueda inferir a deducir algo de los mismos".

A continuación, analizaremos algunos fundamentos estadísticos que nos servirán como herramientas básicas para el control de calidad.

DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS.- Es la tabulación o el registro por marcas, del número de veces que se presenta una cierta medición de la característica de calidad,

dentro de la muestra de un producto que se está examinando.

Una distribución de frecuencias relativa a cualquier calidad de un producto manufacturado, suministra a un cuadro útil de la forma en la cual, esa calidad ha variado en el pasado.

La secuencia ideal a seguir para realizar una distribución de frecuencias, es la siguiente:

a) Se determina el mayor y el menor valor de los datos registrados, de esta manera se obtiene el rango "R", o amplitud;

b) Se divide el rango en un número conveniente de intervalos de clase o celdas del mismo tamaño, generalmente este número varía en 5-20, dependiendo de los datos;

c) Se determina la anchura de cada intervalo de clase, dividiendo el valor del rango obtenido, entre el número de intervalos escogidos en el inciso anterior;

d) Se determina la frecuencia de los datos de la lista, para cada intervalo de clase;

e) Se determina la marca de clase para cada intervalo de clase; y

f) Se realiza la representación gráfica, e que puede ser colocando sobre el eje vertical la frecuencia y sobre el eje horizontal los valores de la característica observada.

Con el objeto de observar prácticamente la realización de una distribución de frecuencias, a continuación se muestra un ejemplo, en el cual hacemos uso de ella.

Ejemplo.-

Los rollos de alambre de un lote de 80, que son recibidos en la compañía "E", en el departamento de materia prima, variaron en peso, según se iban recibiendo, de la forma siguiente:

59	57	60	58	61	61	57	59	63	60
58	61	60	62	62	60	63	62	60	61
60	59	57	58	59	57	62	60	63	58
62	63	61	62	60	61	59	63	61	60
59	62	58	62	59	61	58	61	60	58
63	61	60	58	59	61	60	58	63	60
61	62	58	59	60	61	60	59	60	59
57	59	58	57	62	59	62	58	60	61

De esta manera, se tienen reunidos los datos, y procedemos a analizarlos siguiendo la secuencia mencionada anteriormente.

$$a) \text{ Rango} = \text{Valor M\u00e1ximo} - \text{Valor M\u00ednimo}$$

$$R = 63 - 57$$

$$\underline{R = 6}$$

$$b) \text{ Intervalos de clase } \hat{=} \text{ celdas} - \underline{7}$$

$$c) \text{ Anchura} = \frac{R}{\# \text{ celdas}} = \frac{6}{7} = \underline{0.9}$$

d) Frecuencia.

LI	LS	LIR	LSR	F
57	- 57.9	56.95	- 57.95	6
58	- 58.9	57.95	- 58.95	12
59	- 59.9	58.95	- 59.95	13
60	- 60.9	59.95	- 60.95	17
61	- 61.9	60.95	- 61.95	14
62	- 62.9	61.95	- 62.95	11
63	- 63.9	62.95	- 63.95	7

$$e) \text{ Marcas de clases} = (L_1 + L_s/2)$$

F	Marcas
6	57.45
12	58.45
13	59.45
17	60.45
14	61.45
11	62.45
7	63.45

f) Representación gráfica.

Existen tres formas de representar una distribución de frecuencias:

Histograma de Frecuencias, en la cual, los tamaños de las columnas representan las fronteras superior e inferior de las celdas y sus alturas (y áreas), Fig. # 5.1; son proporcionales a las frecuencias dentro de las celdas;

Gráfica de barras de frecuencias, utiliza barras centradas en los puntos medios de las celdas, las alturas de las barras son proporcionales a las frecuencias en las celdas respectivas, Fig. # 5.2; y

Polígono de frecuencias, consiste en -

una serie de líneas que unen pequeños círculos que se han trazado en los puntos medios de las celdas, con una altura proporcional a la frecuencia en cada celda, ver Fig. # 5.3.

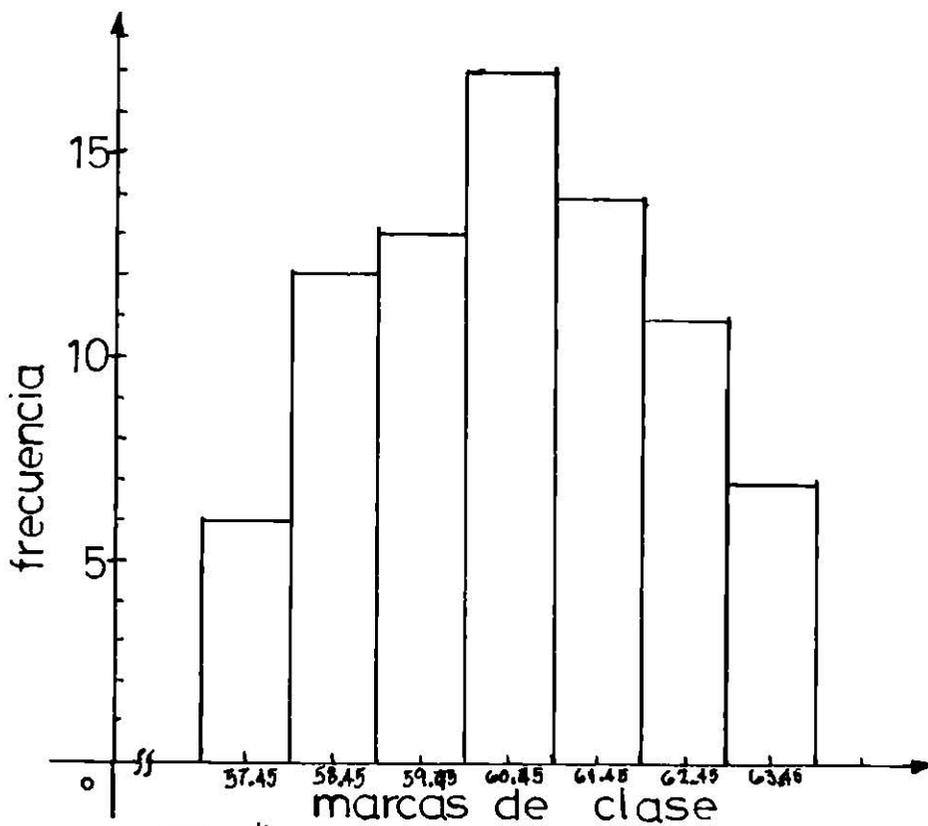


FIG # 5.1.-Histograma de frecuencias

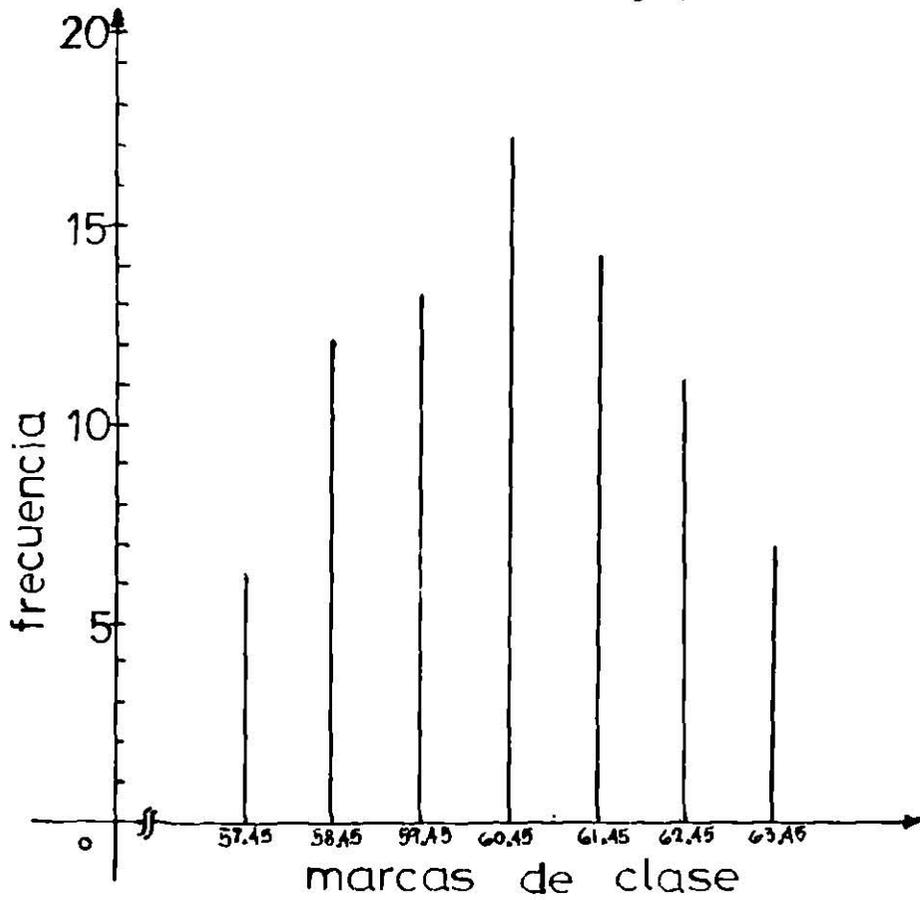


FIG # 5.2.- Grafica de barras de frecuencias

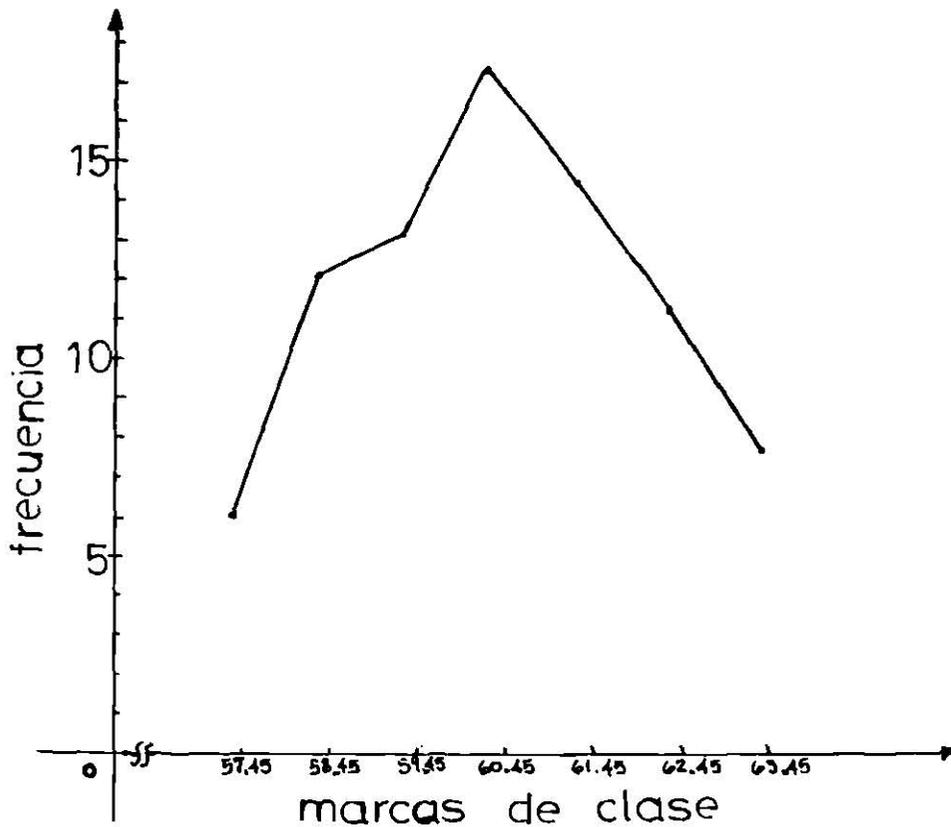


FIG # 5.3.- Poligono de frecuencias

En las gráficas de distribución de frecuencias, se puede observar que, 1) algunos datos tienden a agruparse en el centro de la gráfica, y 2) Se nota una dispersión en los valores de los datos. De acuerdo a esto, existen tres tipos de medidas numéricas:

- A) Medidas de Tendencia Central,
- B) Medidas de Dispersión y
- C) Medidas de Asimetría.

Considerando las anteriores observaciones, existen varios tipos de medidas algebraicas para cada una de las anteriores medidas numéricas, de las cuales haremos mención a continuación.

- A) Medidas de Tendencia Central;

1) Media.- Es la medida más usual, y su valor se obtiene efectuando la suma de todos los valores observados y dividiendo ésta entre el número de valores y su expresión algebraica, es:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n}$$

en donde

\bar{X} = El valor de la media,

X_1, X_2, \dots, X_n = El valor de cada una de las lecturas,

n = El número de lecturas.

Aplicando la fórmula anterior, obtendremos la media de los siguientes números; 4, 6, 8, 9, 12, 15.

$$\bar{x} = \frac{4 + 6 + 8 + 9 + 12 + 15}{6} = \frac{54}{6} = \underline{9}$$

2) Mediana.- Es el valor que divide una serie de números en igual número de lecturas mayores y menores, cuando están arreglados en orden de magnitud creciente.

En los datos del ejemplo anterior, 4, 6, 8, 9, 12 y 15 la mediana será: 8.5

3) Moda.- Es el valor que ocurre más frecuentemente.

Su valor de entre los siguientes números, 2, 4, 5, 6, 6, 6, 7, 8, 9, 9; sería el número 6, ya que es el número que tiene más frecuencia.

B) Medidas de Dispersión;

1) Desviación Estándar.- Es el valor obtenido al sacar raíz cuadrada a la media de las desviaciones de los números observados con respecto a su media arit

métrica, elevadas al cuadrado.

Su representación algebraica es:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + (X_3 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{n}}$$

Obteniendo la desviación estandar de 4, 6, 8, 9, 12 y 15, tenemos que:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(4 - 9)^2 + (6 - 9)^2 + (8 - 9)^2 + (9 - 9)^2 + (12 - 9)^2 + (12 + 9)^2 + (15 - 9)^2}{6}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{25 + 9 + 1 + 0 + 9 + 36}{6}} = \sqrt{13.8}$$

$$\sigma = 3.65$$

2) Variancia.- Se obtiene elevando al cuadrado la desviación estandar.

$$S = \sigma^2 = \frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + (X_3 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{n}$$

$$S = 13.3$$

3) Rango.- Es la diferencia entre el valor más -

grande observado y el más pequeño.

$$R = X \text{ máx.} - X \text{ mín.}$$

De los valores 4, 6, 8, 9, 12 y 15, el rango es:

$$R = 15 - 4$$

$$R = 11$$

C) Medidas de Asimetría.

1) Corrimiento o Skewness.- Este término no sirve para determinar la colocación o grado de distorsión de una agrupación de datos con respecto a un valor central. Un resultado negativo nos indica que la distorsión es hacia la izquierda y en caso contrario (positivo) hacia la derecha.

2) Aplastamiento okurtosis.- Es un valor que mide el grado de aplastamiento de una gráfica de datos agrupados. Si el valor es superior a 3, la curva observada presenta mayor altura que la normal, pero si el resultado es menor de 3, la curva resulta aplastada.

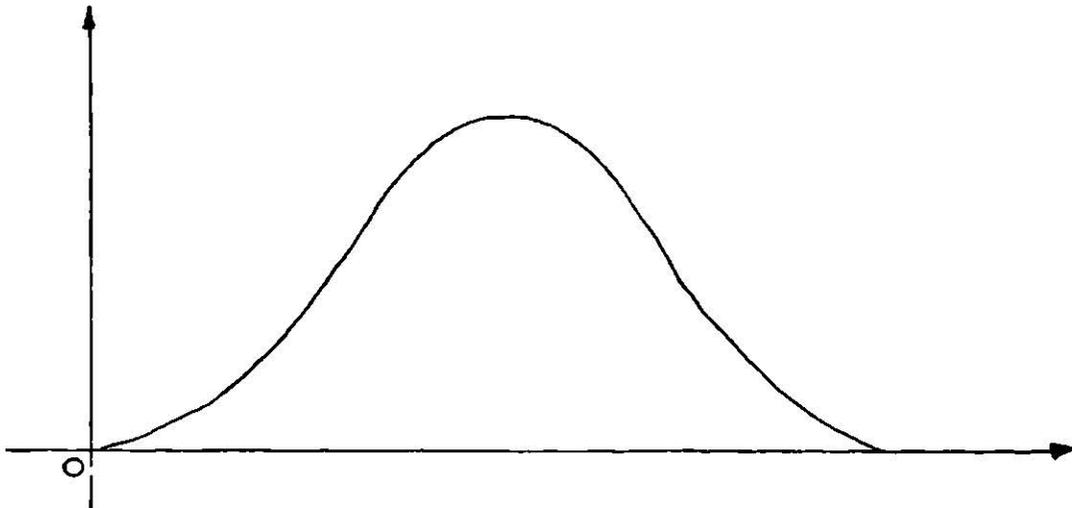
CURVA NORMAL.- Un tipo particular de distribución de frecuencias, es el denominado curva normal o camp

na de Gauss. Esta curva corresponde a una distribución de frecuencias que se obtiene cuando solo intervienen causas debidas al azar.

Son características de la curva normal:

- a) Es unimodal, o de un solo pico;
- b) La media, moda y mediana, coinciden - en un mismo punto;
- c) Es simétrica al valor central (\bar{X}).

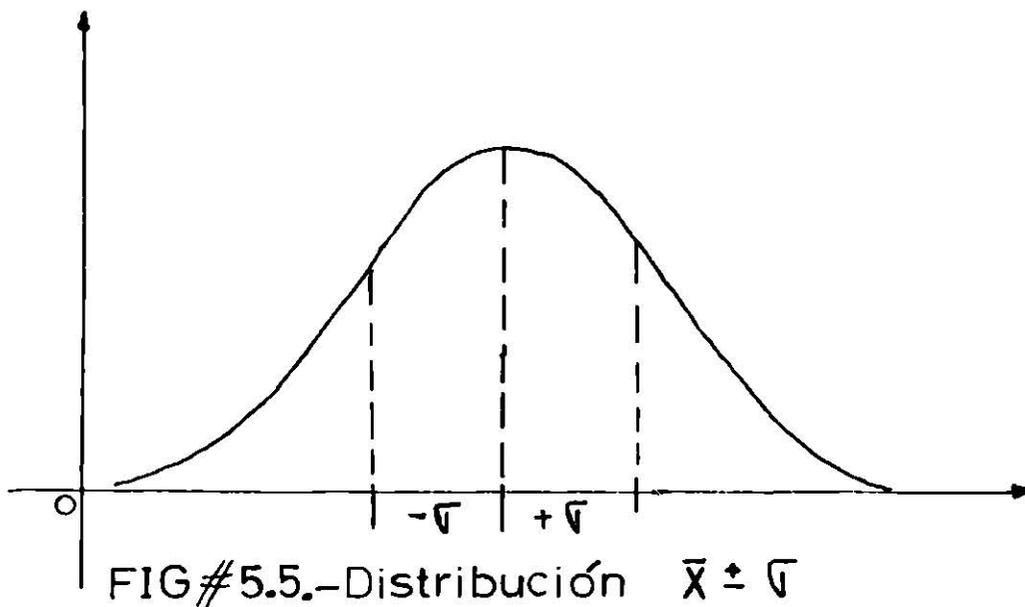
La curva normal, es la idealización de un comportamiento cualquiera y su representación es:

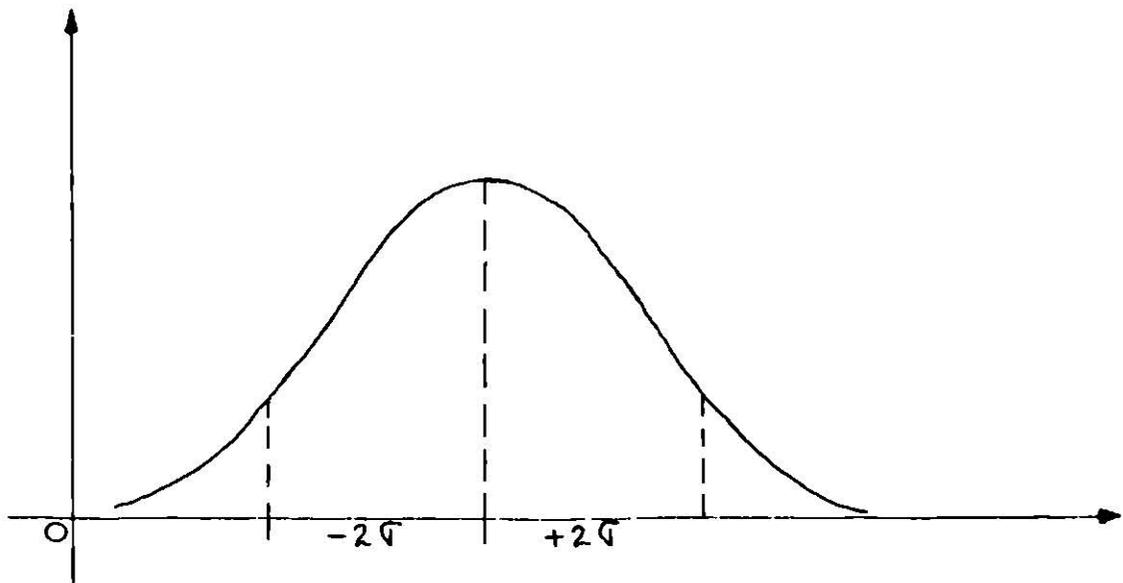
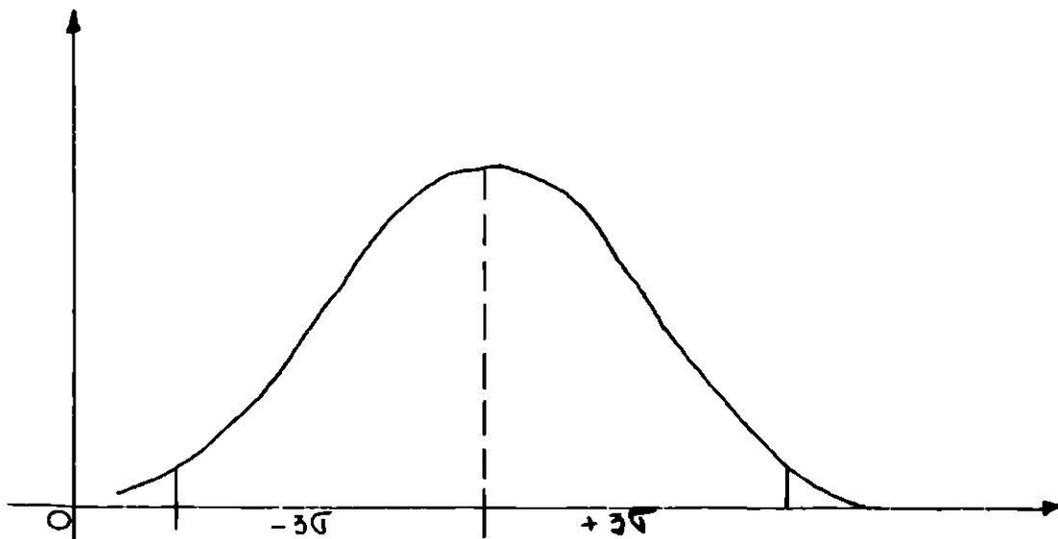


FIG#5.4.-Curva Normal

Ahora bien, en toda distribución de frecuencias, el área comprendida entre dos valores, es proporcional al número de datos entre esos valores. En el caso de la curva normal, entre $\bar{X} + \sigma$ y $\bar{X} - \sigma$, se encuentran el 68.26% de los datos, entre $\bar{X} + 2\sigma$ y $\bar{X} - 2\sigma$, hay el 95.46 % de los datos y entre $\bar{X} + 3\sigma$ y $\bar{X} - 3\sigma$, están el 99.73% de los datos.

Gráficamente sería lo siguiente:



FIG.#5.6.-Distribucion $\bar{X} \pm 2$ FIG.#5.7.-Distribucion $\bar{X} \pm 3$

Formas de las distribuciones de frecuencias industriales.- Muchas de las distribuciones de frecuencias

que se presentan en la industria, no siguen la forma de campana de una curva normal.

En ocasiones esas formas representan condiciones temporales del proceso, sin embargo pueden servir como guía para detectar la presencia de algún factor poco común, como materiales defectivos o herramientas mal ajustadas.

Para representar una "buena calidad" no es necesario que una distribución concuerde con la curva normal, sino que ésta puede ser "aplanada" "truncada" o "asimétrica", según el criterio de una condición que se ha aceptado para el proceso de que se trate.

Las cinco formas típicas de distribución de frecuencias, que se pueden encontrar, son:

- 1) Curvas asimétricas, Figs. # 5.8 (a) y # 5.8 (b).
- 2) Curvas en forma de "J", Fig. # 5.9
- 3) Curvas Bimodales, Fig. # 5.10
- 4) Curvas de elementos que han sido inspeccionados 100%, Fig. 5.11.
- 5) Curvas de elementos inspeccionados 100%

pero que están aún sujetas a variaciones después de terminada la inspección, Fig. # 5.12.

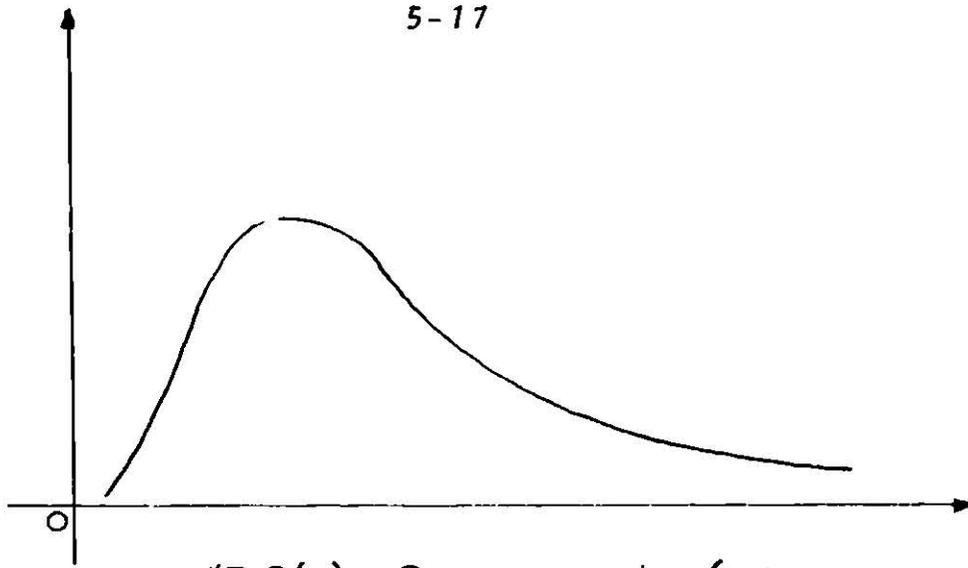


FIG.#5.8(a).- Curva asimétricas

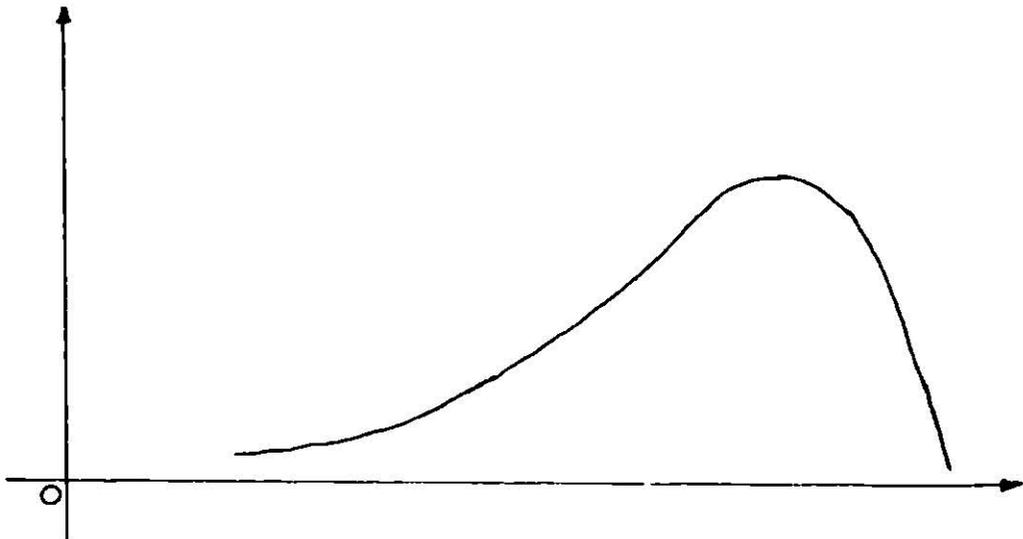


FIG.#5.8(b).- Curva asimétrica

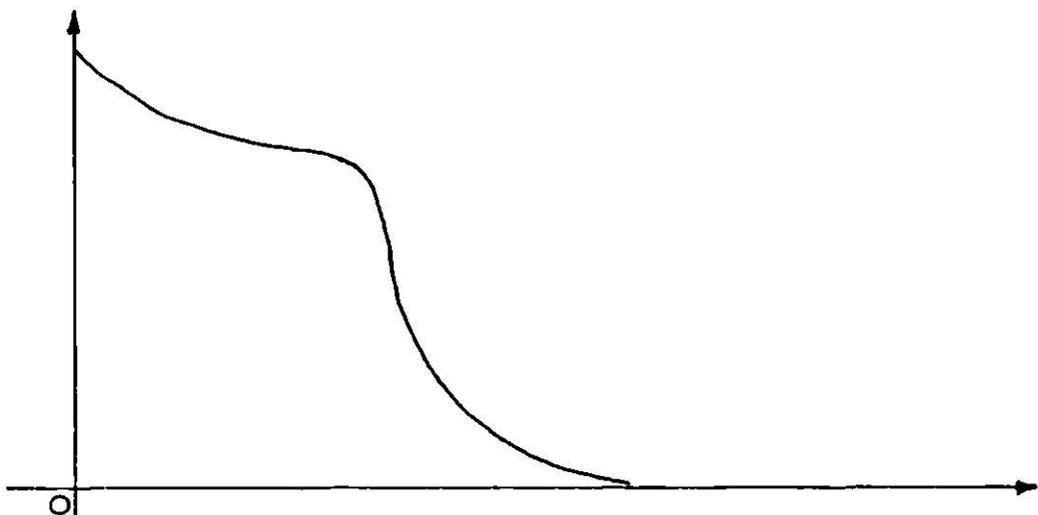


FIG.#5.9.- Curva en forma de 'J'

5-18

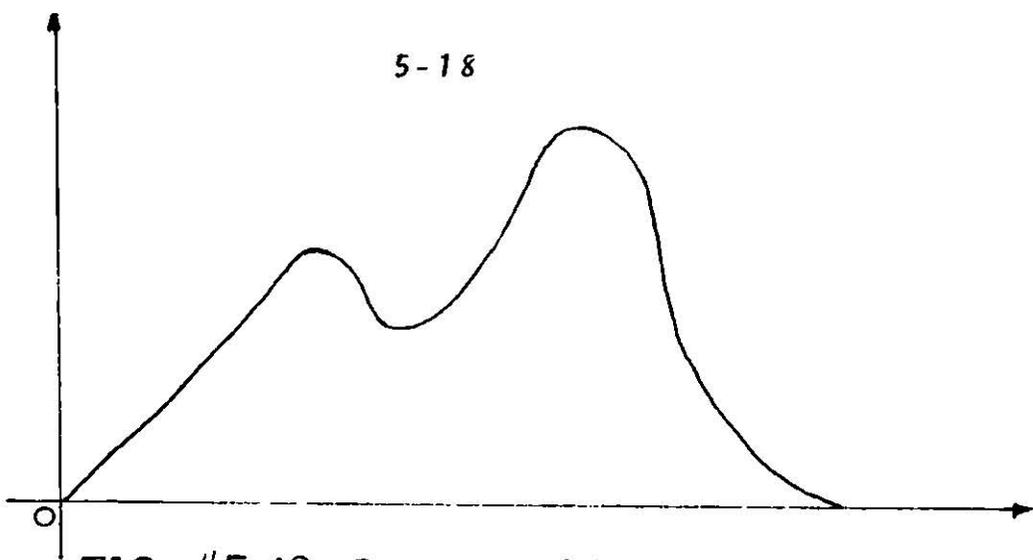


FIG. #5.10.-Curva bimodal

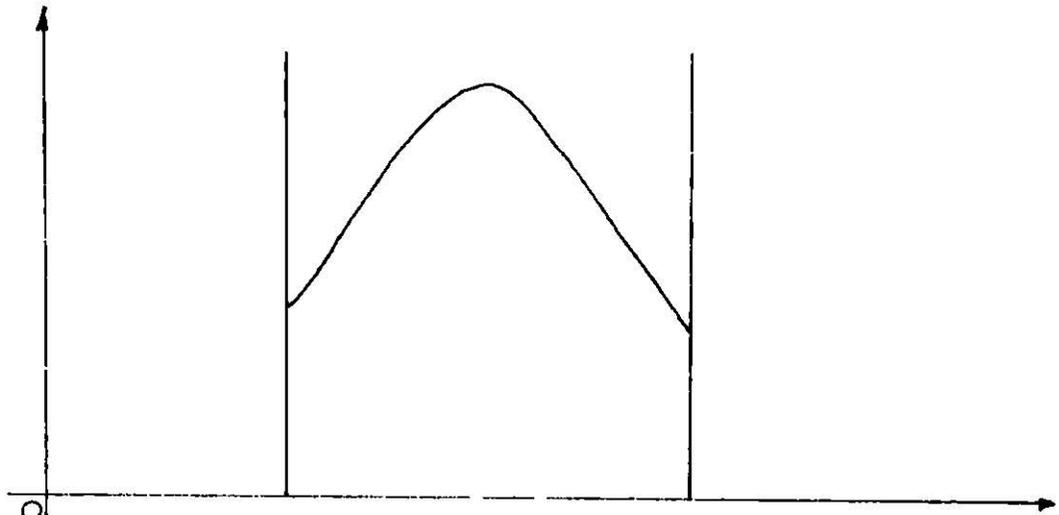


FIG. #5.11.-Curva 100%

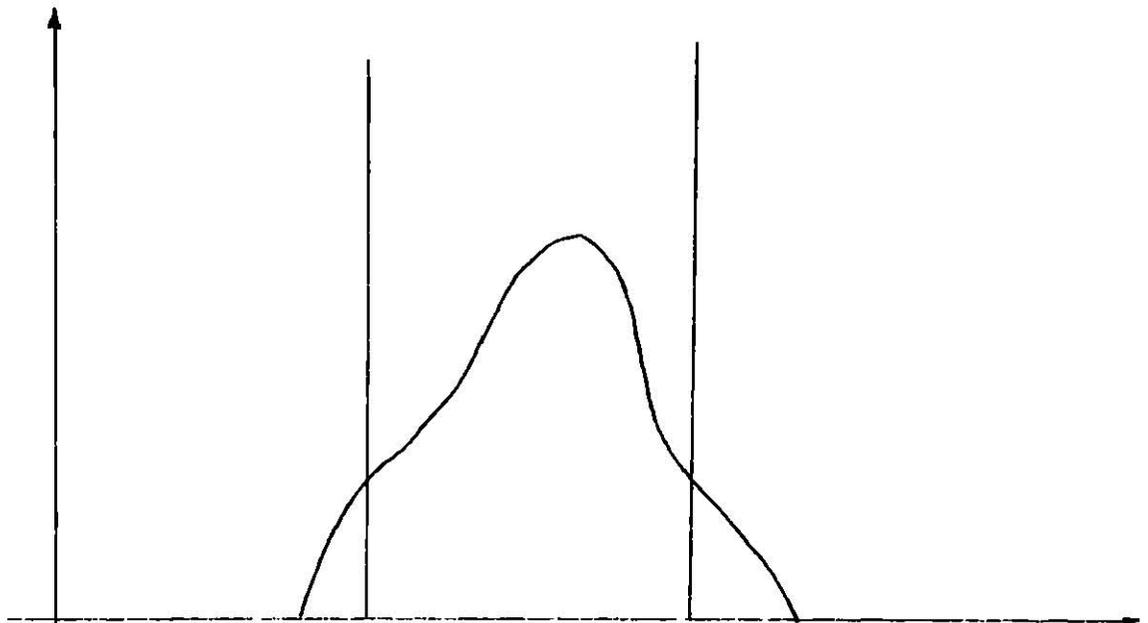


FIG. #5.12.-Curva 100%

CAPITULO VI

INVESTIGACION Y DISEÑO DE EXPERIMENTOS APLICADOS AL CONTROL DE CALIDAD

La utilización de pruebas de significancia en la experimentación, donde se aplica la estadística desde el comienzo del experimento y donde lo incidental y/o la deliberada variación se incluyen en el proyecto se le denomina "diseño de experimentos".

Las pruebas estadísticas de significancia, tienen por objeto informar cuando la calidad de un material, o la producción de cierto tipo de piezas, o bien un material o piezas que se reciben de un vendedor, difieren significativamente de un valor estandar o de la calidad de otro o más lotes u orígenes.

Estas pruebas se emplean, para hacer la comparación del material de dos o más orígenes, o para determinar entre varios factores presentes, cuál es el que afecta la calidad de un proceso. En conjunto, las pruebas de significancia pueden determinar las diferencias en porcentaje defectivo, en el valor de las medias, en su dispersión, y en otras medidas. Este tipo de pruebas se han desarrolla-

do para satisfacer el problema que se presenta con frecuencia en la industria, cuando las diferencias entre niveles de buena y baja calidad son a veces tan pequeñas, que quedan ocultas por las variaciones debidas al azar, en las muestras de muy poco tamaño. Se ha comprobado que es muy difícil estimar estos cambios del proceso sin la ayuda de las técnicas analíticas. El empleo de las pruebas de significancia reduce en gran parte la contingencia de llegar a conclusiones incorrectas en estos casos. Las pruebas de significancia de mayor empleo son:

1) La prueba "T", para la determinación de la significancia en la diferencia entre las medidas de tendencia central.

2) La prueba de "f", para determinar la significancia de la diferencia entre las medidas de dispersión de dos muestras.

Las pruebas de significancia se emplean en el análisis de los problemas de la calidad, bajo dos condiciones básicas diferentes:

- a) Se realizan al final de un experimento.
- b) Se realizan al iniciarse el experimento.

Es obvio que la más ventajosa es la 2a. condición, ya que en la 1a. de las condiciones pueden presentarse circunstancias que no se satisfagan, y por el contrario, en la 2a. condición, generalmente se obtiene economía en los gastos de experimentación y, además se gana en exactitud analítica.

Las pruebas de significancia se pueden aplicar también con los datos tomados bajo dos sistemas diferentes de experimentación:

1) Bajo la hipótesis de que todos los factores permanezcan constantes, con excepción de aquél que se estudia.

2) Bajo la hipótesis de lo incidental, ya sea de todos los factores, o bien, de todos menos aquellos que deliberadamente se hacen variar.

Todo programa que ha sido diseñado de acuerdo con estos principios, casi siempre rinde los mejores resultados, tanto en la confiabilidad, como en la economía sobre aquellos programas conducidos bajo la hipótesis de "acertar o errar" o de circunstancias que "permanecen constantes". En muchos casos es muy notoria la economía que

se obtiene, gracias a la reducción en el número de pruebas que se requieren en el diseño de experimentos, comparado con otros procedimientos antiguos.

6.1.- PRUEBAS DE HIPOTESIS.

Los métodos de la forma clásica de la inferencia estadística, están divididos en dos amplias zonas denominadas estimación y contraste de hipótesis o pruebas de hipótesis. Recientemente, los métodos de inferencia estadística se han unificado bajo los conceptos generales de la manera de tomar decisiones en condiciones de incertidumbre. A continuación, será tema de estudio la 2a. zona de inferencias estadísticas, o sea contraste o pruebas de hipótesis.

Hay muchos problemas en los que no nos ocupamos con el valor verdadero de un parámetro; en cambio, nos interesa saber si el parámetro excede a un número dado, o si es menor, o si cae en un intervalo dado, etc., más que estimar el valor de un parámetro, queremos decidir cuando una afirmación (o afirmaciones) referentes a un parámetro es verdadera o falsa; esto es, queremos contrastar una hipótesis acerca de un parámetro, o someterla a un texto. Por ejemplo, en trabajo de control de calidad se puede to-

mar una muestra elatoria para determinar si el "proceso medio" (para un tipo dado de medidas) permanece constante o si ha cambiado hasta un valor tal que el proceso ha quedado "fuera de control" y es necesario hacer reajustes. Pero al hacer uso de muestras aleatorias, se observa que los errores son inevitables, cuando las decisiones se toman - apoyándose en los resultados de éstas, y además estos errores son de dos tipos diferentes, que se basan bajo los argumentos siguientes; siempre existen los 2 intervalos en los que se pueden cometer los errores, de aceptación y rechazo, así como el óptimo o sea el intervalo de indiferencia, ver Fig. 6.1.

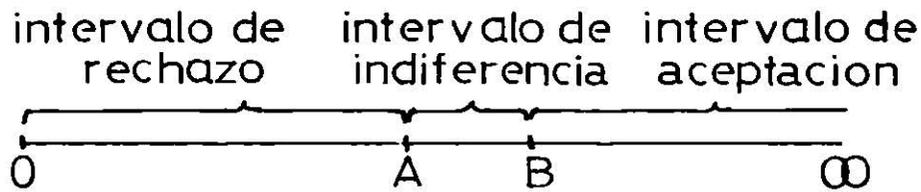


Fig.6.1. Intervalos de decisión

Los datos de la muestra pueden llevar al rechazo de la afirmación, aún cuando \bar{M} (media de la muestra aleatoria) esté en el intervalo de aceptación, y pueden llevar a la aceptación de la misma aún cuando \bar{M} esté en la zona de

rechazo. Esquemáticamente sería:

Fig.6.2. Tipos de errores.

	μ se encuentra en la zona de aceptación.	μ se encuentra en la zona de rechazo.
Se acepta la afirmación.	No hay error	Error tipo II
Se rechaza la afirmación.	Error tipo I	No hay error

Para juzgar las ventajas de cualquier criterio de decisión, es esencial conocer las probabilidades de tener errores del tipo I y del tipo II. Denotando estas probabilidades por α y β , respectivamente, es decir:

$$\alpha = P(\text{Error tipo I})$$

$$\beta = P(\text{Error tipo II})$$

es conveniente buscar un criterio para el α y β tomen valores fijados previamente.

Para ilustrar cómo se pueden calcular estas probabilidades para un criterio dado, supondremos que el departamento de control de calidad toma una muestra de 36 -

lingotes de aluminio y decide rechazar si \bar{X} , media de aluminio puro por los 36 lingotes, es menor de 88.5%. Para simplificar el análisis, supondremos que la desviación típica de aluminio puro por un lingote es $\sigma = 17\%$. Ahora α es la probabilidad de un rechazo erróneo, es decir, la probabilidad de que $\bar{X} < 88.5\%$, dado que $\mu \geq 93\%$. Entonces, α no se puede determinar a menos que se especifique algún valor de μ (Mayor o igual que 93%). Sin embargo, es fácil observar que la probabilidad de cometer un error tipo I con el criterio dado (rechazo si $\bar{X} < 88.5\%$) es máxima cuando $\mu = 93\%$. Efectivamente, podemos suponer el intervalo de aceptación como si solo consistiera en el punto $\mu = 93\%$, en cuyo caso hay un solo valor posible de α , a saber, la probabilidad de obtener una \bar{X} menor que 88.5% cuando $\mu = 93\%$.

Para calcular este valor de α , consideraremos que la distribución muestral de \bar{X} , sigue aproximadamente una distribución normal con medio 93% y desviación típica $17/\sqrt{36} = 2.83$. Luego, α está dado por el área, bajo la curva normal tipificada a la izquierda de

$$z = \frac{88.5 - 93}{2.83} = -1.590$$

y es, aproximadamente igual a 0.0571. (Tabla III).

En lo que respecta a los errores del tipo II, podemos argumentar de una forma semejante que β es un máximo cuando $\mu = 87\%$; esto es, para todos los valores del intervalo de rechazo ($\mu \leq 87\%$) se obtiene un máximo en la probabilidad del error del tipo II cuando $\mu = 87\%$. Ahora, podemos considerar el intervalo de rechazo como formado por el único punto $\mu = 87\%$ y encontrar β aproximada la distribución de muestras de \bar{X} a una distribución normal con media 87% y desviación típica $17/\sqrt{36} = 2.83$. Luego, β está dada por el área bajo la curva normal tipificada a la derecha de

$$z = \frac{88.5 - 87}{2.83} = 0.53$$

y es aproximadamente igual a 0.298 (Tabla III).

Empleando el método y los supuestos anteriores, es posible calcular α y β para probar la hipótesis H_0 de la forma $\mu = \mu_0$ en contra de cualquier alternativa H_1 de la forma $\mu = \mu_1$.

Otra posibilidad es especificar α y el tamaño n de la muestra por adelantado, en cuyo caso el criterio de decisión y β quedan determinados automáticamente. Aunque se pueden emplear estadísticos diferentes de la \bar{X} para contrastar la hipótesis referentes a medias, el empleo de

\bar{X} conduce, generalmente, al menor valor de β para valores de α y n .

Para ver, como quedan determinados el criterio de contraste así como β , en una situación en la que n y α están dados, supongamos que queremos contrastar la hipótesis H_0 de la forma $\mu = \mu_0$ en contra de la alternativa H_1 de la forma $\mu < \mu_0$, deberá rechazarse si $x < C$, donde C es una constante que se deberá determinar, ó sea que:

$$\frac{C - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} = -z_{\alpha}$$

encontrando el valor de C . Para encontrar β con este criterio de contraste, procedemos como antes y

$$z_{\beta} = \frac{C - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$$

encontrando el valor de β en la Tabla III., haciendo $\beta = 1 - \alpha$ con el correspondiente valor de z .

Esta posibilidad se puede observar en la Fig. 6.3.

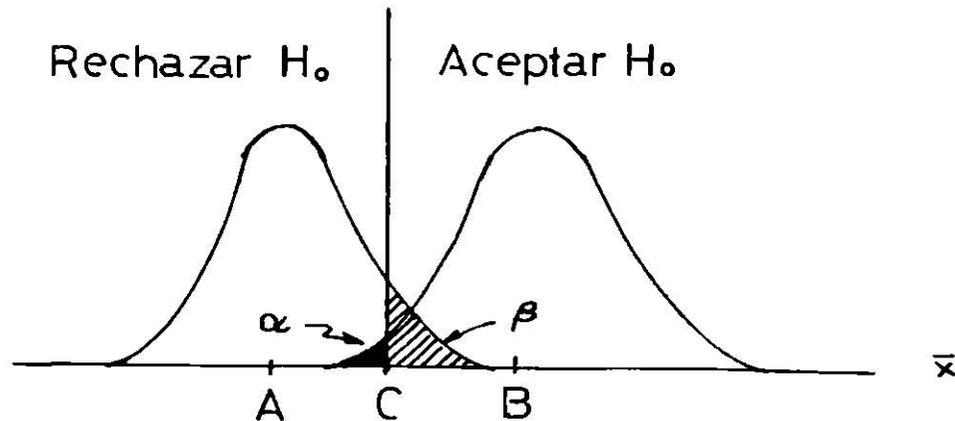


FIG 63 Errores tipo I y II

6.1.1.- UNA MEDIA Y DOS MEDIAS.

UNA MEDIA.- En esta sección se contrastará la hipótesis de que la media de un lote es igual a un valor determinado frente a una alternativa conveniente; es decir, se ha de contrastar

$$H_0: \mu = \mu_0$$

frente a una de las alternativas

$$H_1: \mu < \mu_0, \quad H_1: \mu > \mu_0, \quad \text{o} \quad H_1: \mu \neq \mu_0$$

y la región crítica que usaremos será de la forma $\bar{X} < C$, $\bar{X} > C$, o $\bar{X} < C_1$ o $\bar{X} > C_2$, respectivamente. Como ninguna de estas hipótesis alternativas especifica un valor único de μ , es imposible calcular β (Probabilidad de un error tipo II) para cualquiera de estos tests y por lo

tanto, es razonable describirlos como tests para decidir, si \bar{X} es significativamente menor que μ_0 , significativamente mayor que μ_0 ó significativamente diferentes de μ_0

Un test como éste, en el que la probabilidad de una falsa hipótesis H_0 no se puede determinar de una manera única, se llama, comúnmente, test de significación. La probabilidad α de cometer un error tipo I, llamada también nivel de significación, se puede calcular, puesto que μ queda especificada de una manera única por H_0 , y el rechazo de H_0 es "seguro" en este sentido. Por otra parte, hay un peligro inherente en aceptar H_0 porque la probabilidad de su falsa aceptación no se puede obtener. Por consiguiente, siempre que sea posible, se escogerá la hipótesis H_0 de tal forma que estemos dispuestos a un "juicio reservado" sobre su validez a menos que haya una clara evidencia que conduzca a su rechazo. Por esta razón, H_0 se llamará "hipótesis nula" y se considerará como un "hombre de paja" con el objetivo de determinar si se debe rechazar, o no se debe.

Supongamos que hay que tomar una decisión sobre la compra de una máquina tejedora automática, y existe la posibilidad de que la máquina será económica solo si μ , - el promedio de tejidos defectuosos por cada ciento, es me-

nor que 5. Entonces, nos encontramos ante una situación en la que es necesario una prueba de la hipótesis nula $H_0: \mu = 5$, aunque no se nos ha dicho directamente la hipótesis alternativa que se ha de usar. Si el peso de la prueba se hace recaer sobre la máquina, será apropiado contrastar H_0 frente a la alternativa unilateral $H_1: \mu < 5$, instalando la máquina solo si se puede probar estadísticamente que produce menos de 5 tejidos defectuosos en cada 100. Nótese que, si $\alpha = 0.05$, hay solamente un 5% de oportunidades de rechazar erróneamente H_0 e instalar la máquina automática. Por otra parte, si el peso de la prueba se hiciera recaer sobre el método existente, la alternativa unilateral $H_1: \mu > 5$ será la apropiada. En este caso, H_0 se aceptará y la máquina automática se instalará a menos que sea probado que la máquina produce demasiados defectos. La selección de que alternativa unilateral se ha de utilizar, depende simplemente de donde hemos decidido hacer recaer el peso de la prueba.

Un método equivalente al problema general del contraste de hipótesis nulas, pero más sencillo, para determinar la región crítica, es basarse en el estadístico

$$z = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$$

en lugar de \bar{x} . Si el nivel de significación es α y Z_α es, como antes, tal que el área a su derecha bajo la curva normal tipificada sea igual a α , las regiones críticas - para contrastar $H_0: \mu = \mu_0$, se pueden expresar como se indica en la tabla siguiente:

Hipotesis alternativa	Rechazar H_0 si
$\mu < \mu_0$	$Z < -Z_\alpha$
$\mu > \mu_0$	$Z > Z_\alpha$
$\mu \neq \mu_0$	$Z < -Z_{\alpha/2}$ o $Z > Z_{\alpha/2}$

Fig.6.4. Regiones críticas para contrastar $H_0: \mu = \mu_0$.

(muestra grande, σ conocida)

Si el tamaño de la muestra es pequeño y σ desconocido, no se puede utilizar el test que acabamos de describir. Sin embargo, si la muestra proviene de un lote normal, podemos basar el test de la hipótesis $H_0: \mu = \mu_0$ en el estadístico

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

las regiones críticas resultantes se muestran en la tabla siguiente, en la que t_α es el área a su derecha bajo la curva de distribución t con $n-1$ grados de libertad es igual a α .

Hipotesis alternativa	Rechazar H_0 si para $n-1$ grados de libertad
$\mu < \mu_0$	$t < -t_\alpha$
$\mu > \mu_0$	$t > t_\alpha$
$\mu \neq \mu_0$	$t < -t_{\alpha/2}$ o $t > t_{\alpha/2}$

Fig.6.5. Regiones críticas para contrastar $H_0: \mu = \mu_0$
(lote normal σ desconocida)

Para decidir si se ha de ajustar el proceso, calculamos:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

y si excede a $n-1$ grados de libertad (Tabla IV), la hipótesis nula deberá ser rechazada.

DOS MEDIAS. - Esta sección la dedicaremos a tests referentes a la diferencia entre dos medias. Por ejemplo, si se han considerado dos tipos de aluminio para usarlos en la fundición de accesorios, tomaremos muestras y decidiremos cuál es mejor, comparando sus aleaciones; también, si se ha dado un test a dos grupos de ingenieros para juzgar el grado de perfección en sus trabajos, y trataremos de decidir si la diferencia observada entre las medias de sus resultados es significativa o si se debe atribuir a la

casualidad.

Formulando el problema con más generalidad, consideraremos dos lotes que tienen medias μ_1 y μ_2 y las varianzas σ_1^2 y σ_2^2 , y deseamos contrastar la hipótesis nula $\mu_1 - \mu_2 = \delta$, donde δ es una constante especificada, suponiendo independientes las muestras aleatorias, n_1 y n_2 . En forma análoga a los tests que se refieren a una sola me dia, consideraremos tests de estas hipótesis nulas fr é nt e n á cada una de las alternativas $\mu_1 - \mu_2 < \delta$, $\mu_1 - \mu_2 > \delta$, y $\mu_1 - \mu_2 \neq \delta$. El test, por sí mismo, dependerá de la diferencia entre las medias muestrales, $\bar{x}_1 - \bar{x}_2$, y si ambas muestras son grandes y se conocen sus varianzas, se podrá basar en el estadístico.

$$z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - \delta}{\sigma_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}}$$

cuya distribución muestral es la distribución normal tipificada.

Las varianzas de las dos medias se pueden encontrar por:

$$\sigma_{\bar{x}_1}^2 = \frac{\sigma_1^2}{n_1} \quad \gamma \quad \sigma_{\bar{x}_2}^2 = \frac{\sigma_2^2}{n_2}$$

En forma análoga a las tablas anteriores, las re

giones críticas para contrastar la hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = \delta$ será como sigue:

Hipotesis alternativa	Rechazar H_0 si
$\mu_1 - \mu_2 < \delta$	$Z < -Z_{\alpha}$
$\mu_1 - \mu_2 > \delta$	$Z > Z_{\alpha}$
$\mu_1 - \mu_2 \neq \delta$	$Z < -Z_{\alpha/2}$ o $Z > Z_{\alpha/2}$

Fig.6 6 Regiones críticas para contrastar $H_0: \mu_1 - \mu_2 = \delta$ (muestras grandes, σ_1 y σ_2 conocidas)

Si una o ambas muestras son pequeñas y sus varianzas son desconocidas, podemos basar el test de la hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = \delta$ en un estadístico t , conveniente siempre que sea razonable suponer que ambos lotes son normales con $\sigma_1 = \sigma_2$. En estas condiciones, se puede comprobar que la distribución muestral del estadístico

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - \delta}{S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}}$$

es la distribución t con $n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad. Donde $S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}$ implica una "estimación conjunta", o sea

que si $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$, por consiguiente

$$\sigma_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}^2 = \frac{\sigma_1^2}{n} + \frac{\sigma_2^2}{n} = \sigma^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)$$

Las regiones críticas correspondientes para contrastar la hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = d$ se muestran en la tabla siguiente:

Hipotesis alternativa	Rechazar H_0 si para $n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad.
$\mu_1 - \mu_2 < d$	$t < -t_{\alpha}$
$\mu_1 - \mu_2 > d$	$t > t_{\alpha}$
$\mu_1 - \mu_2 \neq d$	$t < -t_{\alpha/2}$ $t > t_{\alpha/2}$

Fig. 6.7 Regiones críticas para contrastar $H_0: \mu_1 - \mu_2 = d$ (lotes normales, $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma$, σ desc.)

Este test, no es muy sensible a pequeñas diferencias en las varianzas de las muestras, por lo que el procedimiento es bastante justificable.

6.1.2.- UNA VARIANZA Y DOS VARIANZAS.

UNA VARIANZA. - Aquí consideraremos el problema de contrastar la hipótesis nula de que una varianza de un

lote sea igual a una constante determinada, frente a una alternativa conveniente unilateral o bilateral: esto es, debemos contrastar $H_0: \sigma^2 = \sigma_0^2$ frente a una de las alternativas

$$H_1: \sigma^2 < \sigma_0^2, \quad H_1: \sigma^2 > \sigma_0^2, \quad \text{o } H_1: \sigma^2 \neq \sigma_0^2$$

Tests como éste son importantes siempre que se desea controlar la uniformidad de un producto o una operación. Por ejemplo, supongamos que una lámina, se va a cortar o forjar para hacer accesorios de lámina, tengan aproximadamente, el mismo espesor. Entonces, no solo debe mantener el espesor medio de una lámina dentro de las especificaciones, sino también, la variación en espesor de un lugar a otro.

Usando la misma teoría de la sección anterior, o sea, el hecho de que para muestras aleatorias provenientes de un lote normal de varianza σ_0^2

$$\chi^2 = \frac{(n-1) S^2}{\sigma_0^2}$$

es un valor de una variable aleatoria que tiene distribución χ^2 con $n-1$ grados de libertad, podemos emplear este estadístico χ^2 para contrastar la hipótesis nula $\sigma^2 = \sigma_0^2$, como se muestra en la tabla siguiente:

Hipotesis alternativa	Rechazar H_0 si para $n-1$ grados de libertad
$\sigma^2 < \sigma_0^2$	$\chi^2 < \chi^2_{1-\alpha}$
$\sigma^2 > \sigma_0^2$	$\chi^2 > \chi^2_{\alpha}$
$\sigma^2 \neq \sigma_0^2$	$\chi^2 < \chi^2_{1-\alpha/2}$ $\chi^2 > \chi^2_{\alpha/2}$

Fig.6.8.Regiones críticas para contrastar $H_0: \sigma^2 = \sigma_0^2$ (lote normal)

Para ilustrar esta clase de prueba "X-cuadrado", supongamos que los espesores de una muestra de 15 abrazaderas cortadas de una lámina, tienen una desviación típica - de 0.64 mm y que el proceso para dar el espesor apropiado a las láminas solo es aceptable si σ , desviación típica - del lote de los espesores de las abrazaderas, es a lo más 0.50 mm. Esto indica que debemos contrastar la hipótesis nula $H_0: \sigma = 0.50$, frente a la alternativa $H_1: \sigma > 0.50$ y - que lo debemos hacer con un nivel de significación de 0.05. Como esto es equivalente a contrastar la hipótesis nula - $\sigma^2 = (0.50)^2 = 0.25$ frente a la alternativa $\sigma^2 > 0.25$, el - valor del estadístico del test será:

$$\chi^2 = \frac{(14) (0.64)^2}{0.25} = 22.94$$

Como no excede a 23.685, valor de χ^2 con 14 grados de li--

bertad, la hipótesis nula no se puede rechazar; aunque la desviación típica muestral excede a 0.50, la evidencia no es suficiente para llegar a la conclusión de que el proceso para obtener el grosor laminar deseado es insatisfactorio.

Si el lote no es normal, pero su tamaño es grande, la hipótesis nula $H_0: \sigma = \sigma_0$ se puede contrastar utilizando el estadístico

$$Z = \frac{s - \sigma_0}{\frac{\sigma_0}{\sqrt{2n}}}$$

cuya distribución muestral es, aproximadamente, la distribución normal tipificada. La única diferencia en el test es que Z y Z_α reemplazan a χ^2 y χ^2_α .

DOS VARIANZAS.- El test "t" de dos muestras para la diferencia entre dos medias, requiere de la suposición de que las varianzas de los lotes sean iguales. Aquí describiremos un test de la hipótesis nula $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$ frente a una alternativa apropiada que se aplica a muestras aleatorias independientes tomadas de lotes normales.

Si de dos lotes normales que tienen la misma varianza, tomamos dos muestras aleatorias independientes de

tamaños n_1 y n_2 , se deduce, que el estadístico

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$$

es un valor de una variable aleatoria que tiene una distribución F con $n_1 - 1$ y $n_2 - 1$ grados de libertad. Entonces si la hipótesis nula $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ es cierta, la razón de las varianzas muestrales S_1^2 y S_2^2 nos da un estadístico con el que se pueden basar el test de la hipótesis nula.

La región crítica para contrastar H_0 frente a la hipótesis alternativa $\sigma_1^2 > \sigma_2^2$ es $F > F_\alpha$ donde F_α corta la cola derecha del área α bajo la curva de distribución F con $n_1 - 1$ y $n_2 - 1$ grados de libertad. Análogamente, la región crítica para contrastar H_0 frente a la hipótesis alternativa $\sigma_1^2 < \sigma_2^2$ es $F < F_{1-\alpha}$, y esto provoca ciertas dificultades, ya que la tabla VI solo contiene valores correspondientes a las colas por la derecha $\alpha = 0.05$ y $\alpha = 0.01$. Un método es usar el recíproco del estadístico del test original y empleamos la relación

$$F_{1-\alpha}(\nu_1, \nu_2) = \frac{1}{F_\alpha(\nu_1, \nu_2)}$$

Entonces basamos el test en el estadístico $F = S_2^2/S_1^2$ y la región crítica para probar $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$ frente a $H_1: \sigma_1^2 > \sigma_2^2$ queda determinada por $F > F_\alpha$, donde F_α es el valor

crítico apropiado de F con n_2-1 y n_1-1 grados de libertad.

Para la alternativa bilateral $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ la región crítica es $F < F_{1-\alpha/2}$ ó $F > F_{\alpha/2}$, donde $F = S_1^2/S_2^2$ y los grados de libertad son n_1-1 y n_2-1 . En la práctica, modificaremos este test como en el párrafo anterior, de tal forma que podamos utilizar la tabla de valores de F correspondientes a las colas por la derecha de $\alpha = 0.05$ y $\alpha = 0.01$. Con este objeto, representaremos por SM^2 la mayor de las dos varianzas muestrales, y por Sm^2 la menor, y los correspondientes tamaños de las muestras por n_M y n_m , el estadístico del test quedará en la forma $F = SM^2/Sm^2$ y la región crítica será la mostrada en la tabla siguiente:

Hipotesis alternativa	Estadístico del test	Rechazar H_0 si
$\sigma_1^2 < \sigma_2^2$	$f = s_2^2 / s_1^2$	$f > f_{\alpha}(n_2-1, n_1-1)$
$\sigma_1^2 > \sigma_2^2$	$f = s_1^2 / s_2^2$	$f > f_{\alpha}(n_1-1, n_2-1)$
$\sigma_1^2 = \sigma_2^2$	$f = s_M^2 / s_m^2$	$f > f_{\alpha}(n_M-1, n_m-1)$

Fig.6.9. Regiones críticas para contrastar H_0 si $H_0: \sigma_1 = \sigma_2$ (lotes normales)

El nivel de significación de estos tests es α y los valores indicados entre paréntesis son los respectivos grados de libertad. Notemos que, como en el test X-cuadrado, se emplean colas iguales en tests de dos colas por conveniencia matemática, aunque la distribución F no sea simétrica.

6.1.3.- UNA PROPORCIONA Y VARIAS PROPORCIONES.

UNA PROPORCION.- Muchos de los métodos empleados en inspección de muestras, control de calidad y verificación de fiabilidad, están basados en tests de la hipótesis nula de que una proporción (porcentaje o probabilidad) sea igual a una constante determinada.

Aunque existen tests exactos basados en la distribución binómica (que se pueden construir empleando la tabla I) consideraremos aquí solamente los tests aproximados con muestras grandes, basados en la aproximación normal a la distribución binómica. En otras palabras, contrastaremos la hipótesis nula $H_0: p = p_0$ frente a una de las alternativas

$$H_1: p < p_0, \quad H_1: p > p_0, \quad H_1: p \neq p_0$$

utilizando el siguiente estadístico

$$z = \frac{x - np_0}{\sqrt{np_0(1-p_0)}}$$

Si la hipótesis nula es cierta, la distribución muestral de este estadístico es, aproximadamente, la distribución normal tipificada, y las regiones críticas del test se muestran en la tabla siguiente:

Hipotesis alternativa	Rechazar H_0 si
$p < p_0$	$Z < -Z_{\alpha}$
$p > p_0$	$Z > Z_{\alpha}$
$p \neq p_0$	$Z < -Z_{\alpha/2}$ o $Z > Z_{\alpha/2}$

Fig.6.10. Regiones críticas para contrastar $H_0: p = p_0$ (muestras grandes)

Para ilustrar el test con muestras grandes, supondremos que queremos contrastar la afirmación del proveedor "X", de que menos del 20% de tubos serán aceptados en el lote a inspeccionar y que será rechazado éste. Si el peso de la prueba se hace recaer sobre el proveedor "X", la hipótesis nula adecuada y la alternativa son, respectivamente, $p = 0.20$ y $p < 0.20$. Si se toma una muestra aleatoria de tamaño 500 y en ella hay 78 defectuosos y 422 buenos, obtenemos:

$$z = \frac{78 - 500(0.20)}{\sqrt{500(0.20)(0.80)}} = \frac{-22}{8.944} = -2.46$$

de donde la hipótesis nula se puede rechazar con un nivel de significación del 0.017. Esto apoya la afirmación del ejecutivo.

VARIAS PROPORCIONES.- Cuando comparamos las respuestas de los consumidores (porcentaje favorable y porcentaje desfavorable) a dos productos diferentes, cuando decidimos si la producción de defectos en un proceso dado permanece constante cada día, etc., estamos interesados en contrastar si dos, o más lotes binómicos tienen el mismo parámetro p . Llamando a estos parámetros $p_1, p_2, \dots, y p_k$, lo que hacemos es contrastar la hipótesis nula

$$H_0: p_1 = p_2 = \dots = p_k$$

frente a la alternativa de que, al menos, dos de estas proporciones de lote no sean iguales. Para hacer un test adecuado de muestras grandes para esta hipótesis, necesitamos muestras de azar independientes de tamaño n_1, n_2, \dots, n_k de los k lotes, y se supondrá que los números de "casos favorables" son X_1, X_2, \dots, X_k . El test que empleamos está basado en el hecho de que (1) para muestras grandes, la distribución muestral de

$$z_i = \frac{X_i - n_i p_i}{\sqrt{n_i p_i (1 - p_i)}}$$

es, aproximadamente, la distribución normal tipificada, (2) el cuadrado de una variable aleatoria con distribución normal tipificada, es otra variable aleatoria que tiene distribución χ^2 -cuadrado con 1 grado de libertad, y (3) la suma de las k variables aleatorias independientes que tienen distribución χ^2 -cuadrado con 1 grado de libertad es una variable aleatoria con distribución χ^2 -cuadrado con k grados de libertad.

Entonces, la distribución muestral del estadístico

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(X_i - n_i p_i)^2}{n_i p_i (1 - p_i)}$$

es aproximadamente, la distribución χ^2 -cuadrado con k grados de libertad. Ahora, si la hipótesis nula es cierta, y $p_1 = p_2 = \dots = p_k = p$, el valor del estadístico anterior χ^2 es

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(X_i - n_i p)^2}{n_i p (1 - p)}$$

como la hipótesis nula se debe rechazar si las diferencias entre las X_i y las $n_i p$ son grandes, la región crítica es $\chi^2 \geq \chi^2_{\alpha}$, y el número de grados de libertad es $k-1$.

Las regiones críticas resultantes basadas en el estadístico Z son:

Hipotesis alternativa	Rechazar H_0 si
$p_1 < p_2$	$z < -z_{\alpha}$
$p_1 > p_2$	$z > z_{\alpha}$
$p \neq p_2$	$z < -z_{\alpha/2}$ o $z > z_{\alpha/2}$

FIG. #6.11

6.2.- AJUSTE DE CURVAS.

El objetivo principal de muchas investigaciones de ingeniería es hacer predicciones, preferentemente empleando ecuaciones matemáticas. Por ejemplo, un ingeniero desea predecir la cantidad de óxido que se formaría en la superficie de un metal calentado en un horno durante un intervalo especificado de tiempo a 200°C ; o la medida de deformación de un anillo sometido a una fuerza de compresión de 1,000 Kgs., o el tiempo de desgaste entre recubrimientos de una cubierta de una rueda de auto, que tiene una composición y un espesor de cuerdas dados. Generalmente tales predicciones requieren que se obtenga una fórmula que relacione la variable dependiente (cuyo valor se desea predecir) con una o más variables independientes, lo cual puede ser muy útil para el departamento de una industria.

Para llegar a determinar una ecuación que relacione las variables, un primer paso que nos sirve de ayuda, es la colección de datos, que muestren los correspondientes valores de las variables consideradas.

Por ejemplo, supóngase que X e Y puedan denotar relaciones entre alturas contra pesos, ventas contra años, sueldos contra puntos, presión con temperatura, entonces con una muestra de n individuos, observaciones, lecturas, etc., daría valores en X_1, X_2, \dots, X_n y los valores correspondientes en Y_1, Y_2, \dots, Y_n .

El paso siguiente es, representar los puntos $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \dots, (X_n, Y_n)$, en un sistema de coordenadas rectangulares. El sistema de puntos resultantes es llamado diagrama de dispersión. Con este diagrama, es posible representar una curva que se aproxime a los datos. Tal curva se llama curva de aproximación. En la fig. # 6.12, se ve que los datos se aproximan bien a una línea recta y se dice que entre las variables existe una relación lineal, sin embargo en la Fig. # 6.13, aunque existe una relación entre las variables, ésta no es lineal y se dice que existe una relación no lineal. El problema general de encontrar ecuaciones de curvas de aproximación que se ajusten al conjunto de datos, es el buscar "la curva de ajuste".

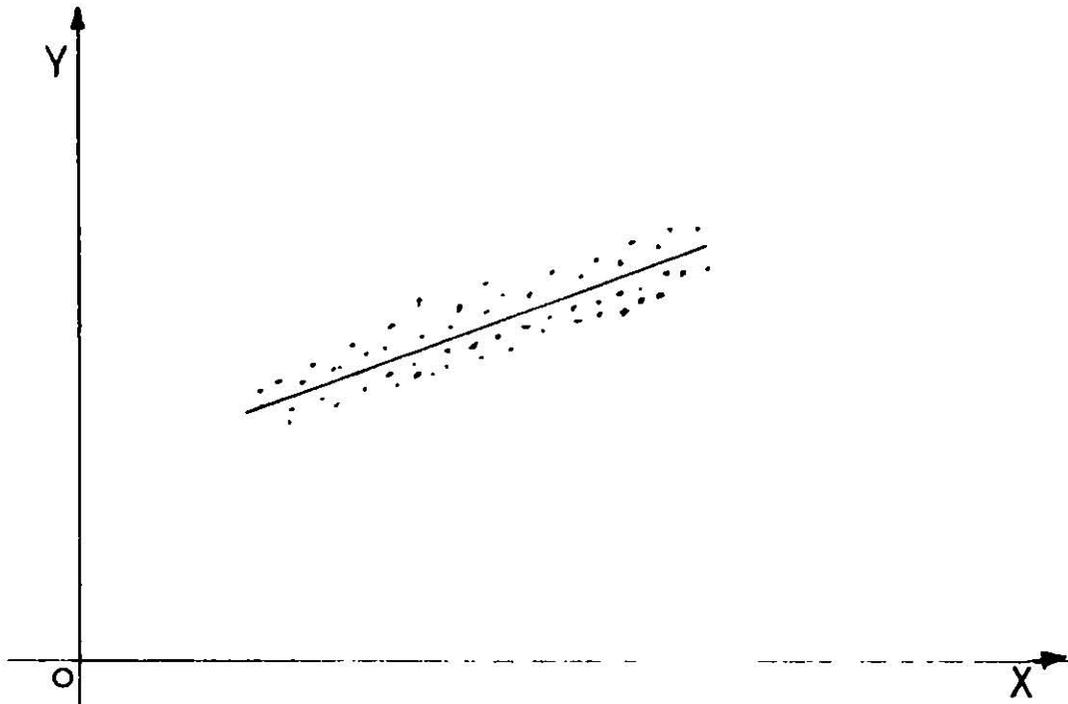


FIG.#6.12-Relacion lineal

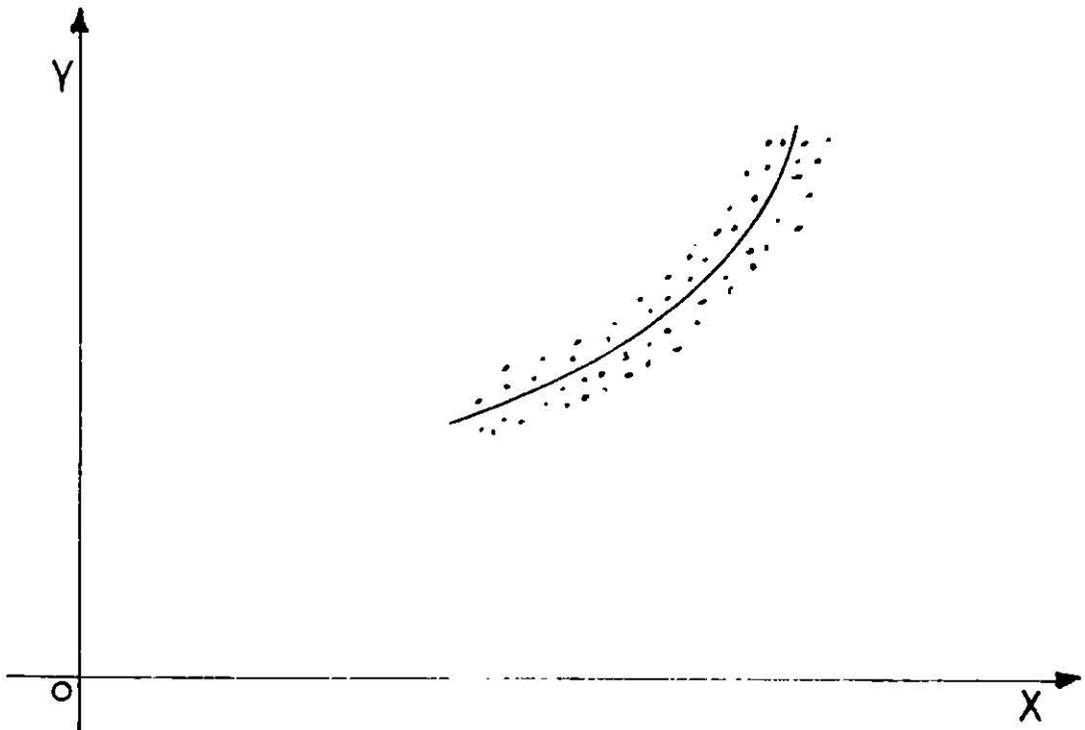


FIG.#6.13-Relacion no-lineal

Existen varios tipos comunes de curvas de aproximación y sus ecuaciones, de las cuales se harán mención a continuación. Todas las letras distintas a X e Y, representan constantes. Las variables X e Y, son conocidas como variable independiente y dependiente respectivamente, - aunque estos papeles pueden intercambiarse.

Tipos de curvas y ecuaciones.

- (1) $y = a_0 + a_1X \dots\dots\dots$ línea recta
 (2) $y = a_0 + a_1X + a_2X^2 \dots\dots\dots$ curva cuadrática
 (3) $y = a_0 + a_1X + a_2X^2 + a_3X^3 \dots\dots\dots$ curva cúbica
 (4) $y = a_0 + a_1X + a_2X^2 + a_3X^3 + a_4X^4 \dots\dots$ curva cuártica
 (5) $y = a_0 + a_1X + a_2X^2 \dots\dots + a_nX^n \dots\dots$ curva de grado n

A estas ecuaciones se les llama polinomiales de primero, segundo, tercero, cuarto y n grados, respectivamente. En la práctica es posible que aparezcan muchas más, como:

- (6) $y = \frac{1}{a_0 + a_1X} \text{ ó } \frac{1}{y} = a_0 + a_1X \dots\dots$ hipérbola
 (7) $y = ab^x \text{ ó } \log. y = \log. a + (\log. b) X = a_0 + a_1X$
 . curva exponencial
 (8) $y = ax^b \text{ ó } \log. y = \log. a + b \log. X$
 . curva geométrica

las primeras cinco ecuaciones mencionadas son las más apli

cables, en los sistemas de control de calidad.

Los métodos más usados en el ajuste de curvas son: el método libre de ajuste y el método de mínimos cuadrados.

Método libre de ajuste de curvas.- Este método se basa en el juicio particular personal para la aproximación gráfica de una curva a un conjunto de datos. Si se conoce el tipo de ecuación de curva, es posible obtener el valor de las constantes de la ecuación, eligiendo tantos puntos de la curva como constantes haya en la ecuación. Por ejemplo, si la curva es una línea recta, son necesarios dos puntos; si es una parábola, son necesarios tres puntos. La desventaja del método, es que diferentes observaciones obtendrán diferentes curvas y ecuaciones.

6.2.1.- MINIMOS CUADRADOS.

En la construcción de curvas de aproximación es muy usado el método de mínimos cuadrados, el cual evita diferencias por juicios individuales, al obtener mediante éste, una definición de la "mejor curva de ajuste", "mejor parábola de ajuste", etc.

Para llegar a una definición, se considera en la Fig. # 6.14, los puntos representantes de los datos dados por $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \dots, (X_n, Y_n)$. Para un valor dado de X . Por ejemplo, X_1 , habrá una diferencia entre el valor Y_1 , y el correspondiente valor de la curva C . Como se indica en la Fig., se denota esta diferencia por D_1 , que se conoce como, desviación, error o residuo y puede ser positivo, negativo o cero. Análogamente, para los valores X_2, \dots, X_n , se obtienen las desviaciones D_2, \dots, D_n .

Una medida de la "bondad del ajuste", de la curva C a los datos dados, vienen suministrada por la cantidad $D_1^2 + D_2^2 + \dots + D_n^2$. Si ésto es pequeño, el ajuste es bueno, si es grande, el ajuste es malo.

Se da pues la siguiente definición: De todas las curvas de aproximación a una serie de datos puntuales, la curva que tiene la propiedad de que:

$$D_1^2 + D_2^2 + \dots + D_n^2 \text{ sea mínimo}$$

se conoce como la mejor curva de ajuste.

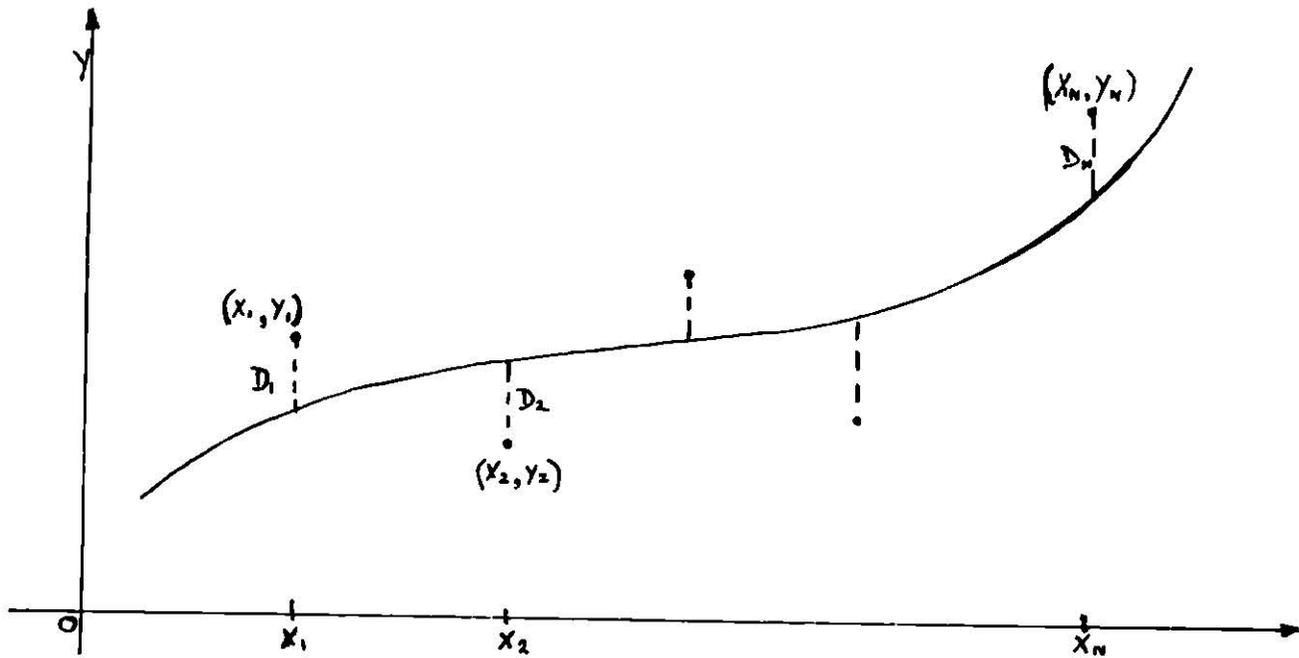


FIG. #6.14

A la curva que presente tal propiedad, se dice, se ajusta a los datos por mínimos cuadrados y se llama curva de mínimos cuadrados.

La definición anterior es usada cuando X es la variable independiente e Y es la variable dependiente. Si X es la variable dependiente, la definición se modifica, considerando las desviaciones horizontales en lugar de las verticales, lo que equivale a un intercambio de los ejes X e Y . Esto es usado cuando hay una especificación precedente. Estas dos definiciones conducen en general a diferentes curvas de mínimos cuadrados.

Es muy común que un diagrama de dispersión se trate de ajust-

tar a una recta. El método por mínimos cuadrados para este ajuste es muy usado para pronosticar comportamientos futuros o para el conocimiento de datos no registrados, pero sucedidos. Como ejemplo representativo, supondremos que conociendo valores del desajuste del dado de una máquina tejedora, existe por consecuencia variabilidad en las dimensiones del cuadro del tejido.

Los datos conocidos son los siguientes:

Desajuste del dado	X	0.1	0.3	0.4	0.6	0.8	0.9	1.1	1.4
Variabilidad en la anchura del cuadro	Y	0.1	0.2	0.4	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9

Representando estos valores gráficamente, obtenemos el diagrama de dispersión.

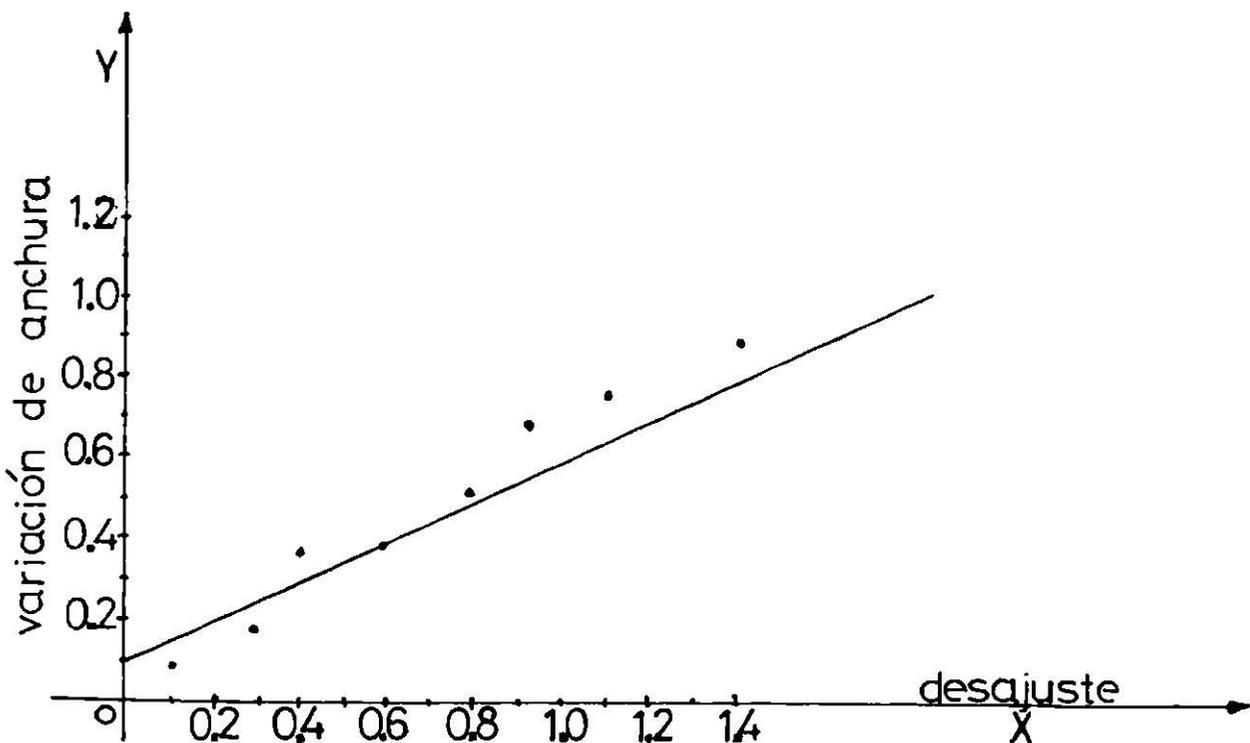


FIG.#6.15

La ecuación de la recta, es $Y = a_0 + a_1 X$

Las constantes a_0 y a_1 , se determinan mediante el sistema de ecuaciones:

$$\begin{aligned} \sum Y &= a_0 n + a_1 \sum X \\ (1) \quad \sum XY &= a_0 \sum X + a_1 \sum X^2 \end{aligned}$$

Las cuales se conocen como ecuaciones normales de mínimos cuadrados y se obtienen al derivar parcialmente las ecuaciones del error total, primero con respecto a a_0 , y luego con respecto a a_1 .

Despejando a_0 y a_1 de las ecuaciones anteriores para obtener el valor de estas constantes, se obtiene:

$$a_0 = \frac{(\sum Y) (\sum X^2) - (\sum X) (\sum XY)}{n \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$a_1 = \frac{n \sum XY - (\sum X) (\sum Y)}{n \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

Ahora se calculan las sumas de los valores y se ordenan como se indica en la tabla siguiente. (Usaremos va

lores enteros para facilitar las operaciones).

x	y	x^2	xy	x^2
1	1	1	1	1
3	2	9	6	4
4	4	16	16	16
6	4	36	24	16
8	5	64	40	25
9	7	81	63	49
11	8	121	88	64
14	9	196	126	81
$\Sigma X = 56$	$\Sigma Y = 40$	$\Sigma X^2 = 524$	$\Sigma XY = 364$	$\Sigma Y^2 = 256$

Sustituyendo los valores correspondientes en las ecuaciones normales obtenemos:

$$8 a_0 + 56 a_1 = 40$$

$$56 a_0 + 524 a_1 = 364$$

Resolviendo este sistema, obtenemos:

$$a_0 = \frac{6}{11} \quad \delta \quad 0.545, \quad a_1 = \frac{7}{11} \quad \delta \quad 0.636$$

y la recta de mínimos cuadrados pedida es:

$$y = \frac{6}{11} + \frac{7}{11} x \quad \delta \quad y = 0.545 + 0.636 x$$

Las constantes a_0 y a_1 también pueden ser calculadas mediante el uso de fórmulas, como son:

$$a_0 = \frac{(\sum Y) (\sum X^2) - (\sum X) (\sum XY)}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} = \frac{(40)(524) - (56)(364)}{(8)(524) - (56)^2}$$

$$a_0 = \frac{6}{11} \quad \delta \quad 0.545$$

$$a_1 = \frac{n \sum XY - (\sum X) (\sum Y)}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} = \frac{(8)(364) - (56)(40)}{(8)(524) - (56)^2}$$

$$a_1 = \frac{7}{11} \quad \delta \quad 0.636$$

Dando valores a X e Y , graficamos sobre el diagrama de dispersión, la recta-punteada, a la cual ajustamos esos puntos, y en la cual es evidente que resulta razonable suponer que la relación (la curva de regresión), es lineal. En ésta observamos, que si queremos conocer la variación de la anchura del cuadro, al suceder un desajuste que no se ha presentado el valor representativo encontrado en la recta, será de aproximación bastante aceptable. Esto también es usado en el conocimiento de valores intermedios no registrados.

6.2.2.- REGRESION CURVILINEA Y MULTIPLE.

REGRESION CURVILINEA.- Analizaremos aquí los casos en que la curva de regresión no es rectilínea, pero a las cuales se pueden aplicar el método de mínimos cuadrados, - así como también el caso de regresiones polinómicas, esto es, de problemas donde, para cualquier X dada, la media de la distribución de las Y está dada por $\beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \dots + \beta_p X^p$. Esta última técnica se usa también para obtener - aproximaciones cuando la forma funcional de la curva de la regresión es desconocida.

En práctica común, entre ingenieros, marcar en - papel gráfico, datos apareados de diversas clases, con objetos de determinar si los puntos siguen más ó menos una - línea recta, tomando unas convenientes escalas transformadas. Si así ocurre, la naturaleza de la transformación utilizada nos conduce a la forma funcional de las ecuaciones de regresión, y las constantes necesarias se pueden de terminar aplicando el método de mínimos cuadrados a los da tos transformados. Si un conjunto de datos apareados con siste en n puntos (X_i, Y_i) "se sitúan en línea recta" al - ser marcados en un papel semilograrítmico, por ejemplo, Es to indica que la curva de regresión de Y sobre X es expo- - nencial, es decir, que para cualquier X dada, la media de

distribución de las Y está dada por $\alpha \cdot \beta^x$.

Tomando logaritmos en base 10 en ambos lados de las ecuaciones de predicción,

$$Y' = \alpha \cdot \beta^x$$

obtenemos

$$\log Y' = \log \alpha + X \cdot \log \beta$$

y podemos, ahora obtener estimaciones de $\log \alpha$ y $\log \beta$ y, por consiguiente, de α y β , aplicando el método de mínimos cuadrados a los n pares de valores $(X_i, \log Y_i)$.

Para ilustrar este último ajuste de curvas por mínimos cuadrados de $\log \alpha$ y $\log \beta$ en una curva exponencial, consideraremos las observaciones siguientes de las resistencias de 8 accesorios de aluminio expuestas a una atmósfera corrosiva, por diferentes períodos:

Resistencia	92.7	58.3	59.5	41.7	45.6	31.8	38.3	19.9
Períodos (meses)	5	10	15	20	25	30	35	40

Al marcar los datos en papel semilogarítmico, como en la Fig. # 6.16, observamos que los puntos siguen aproximadamente una línea recta, y que, por consiguiente, es justificable ajustar una curva exponencial a los datos originales.

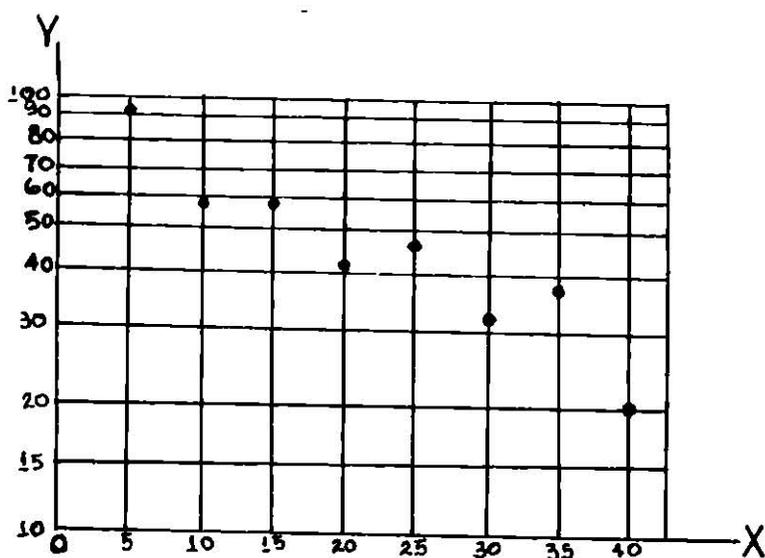


FIG. #6.16.-Regresion eponencial

Determinando primero los logaritmos de las ocho observaciones y , obtenemos respectivamente, 1.967; 1.766; 1.755; 1.620; 1.659; 1.502; 1.583; 1.299 y las sumas necesarias para subsistir en las ecuaciones normales, que son:

$$\begin{aligned} \sum X &= 180 & \sum X^2 &= 5,100 \\ \log Y &= 13.171 & X \cdot \log Y &= 280.420 \end{aligned}$$

donde los índices y límites de las sumas se han omitido - por simplicidad. Usando, nuevamente, a y b para estimar - los mínimos cuadrados de α y β , obtenemos las ecuaciones normales

$$\begin{aligned} 13.171 &= 8(\log a) + 180 (\log b) \\ 280.420 &= 180(\log a) + 5,000 (\log b) \end{aligned}$$

y, resolviendo este sistema, tenemos

$$\log a = 1.986, \quad \log b = -0.0151$$

luego, $a=96.8$, $b = 0.966$, y la curva exponencial de mínimos cuadrados tiene la ecuación

$$y' = (96.8) (0.966)^x$$

Esta última ecuación se puede escribir también de la forma

$$y' = (96.8)10^{-0.0151 x} \quad \delta \quad y' = (96.8)e^{-0.0346 x}$$

haciendo uso de que $0.966 = 10^{-0.0151} = e^{-0.0346}$.

haciendo uso de que $0.966 =$

Si queremos basar una predicción en una ecuación exponencial ajustada a un conjunto de datos, será, en general, más conveniente utilizarla en su forma logarítmica. Entonces si queremos predecir la resistencia de un accesorio expuesto a una atmósfera corrosiva durante 12 meses, - en nuestro ejemplo

$$\log Y = 1.986 - 0.151(12)$$

$$\log Y = 1.805$$

y por lo tanto, la resistencia es de 63.8

Otros dos tipos de relaciones que aparecen frecuentemente en ingeniería y que se pueden ajustar por mínimos cuadrados, después de transformaciones convenientes, - son la función recíproca dada por $y' = \frac{1}{\alpha - \beta X}$

y la función potencial $Y' = \alpha \cdot X^\beta$

La primera representa una relación lineal entre X y $\frac{1}{Y'}$, es decir, $\frac{1}{Y'} = \alpha - \beta x$

y obtenemos estimaciones de α y β aplicando el método de mínimos cuadrados, a los puntos $(X_i, 1/Y_i)$. La segunda, -
representa una relación lineal entre $\log X$ y $\log Y'$, es de
cir, $\log Y' = \log \alpha - \beta \cdot \log X$

y obtenemos estimaciones de $\log \alpha$ y $\log \beta$ y, por consi- -
guiente, α y β , aplicando el método de mínimos cuadrados
a los puntos $(\log X_i, \log Y_i)$.

Si no hay una clara indicación sobre la forma -
funcional de la regresión de Y sobre X , se puede suponer
con frecuencia, que la relación al menos, "se comporta - -
bien" en el sentido de que se puede desarrollar en serie -
de Taylor y que los primeros términos de esta serie darán
una buena aproximación. Entonces, podemos ajustar nues- -
tros datos a un polinomio, esto es, a una ecuación de pro-
ducción de la forma

$$Y' = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \dots + \beta_p X^p$$

donde se determina el grado, por inspección de los datos.

Dado un conjunto de datos consistente en n puntos (X_i, Y_i) ,
estimamos los coeficientes $\beta_0 + \beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_p$, del poli-
nomio de grado p , haciendo mínima

$$\sum_{i=1}^n \left[y_i - (\beta_0 + \beta_1 x_i + \beta_2 x_i^2 + \dots + \beta_p x_i^p) \right]^2$$

En otras palabras, aplicamos el criterio de mínimos cuadrados para hacer mínima la suma de los cuadrados - de las distancias verticales desde los puntos a la curva, Fig. # 6.17.

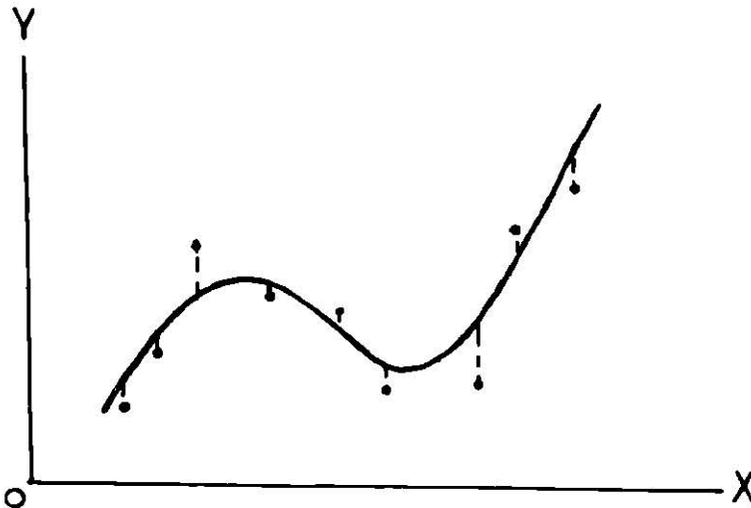


FIG. #6.17. Criterio de min. cuad. para polinomios

Derivando parcialmente con respecto a $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p$, e igualando estas derivadas a cero, reordenando algunos - términos y considerando b_i como estimación de β_i , obtenemos las $p + 1$ ecuaciones normales

$$\begin{aligned} \sum Y &= nb_0 + b_1 \sum X + \dots + b_p \sum X^p \\ \sum XY &= b_0 \sum X + b_1 \sum X^2 + \dots + b_p \sum X^{p+1} \\ \sum X^p Y &= b_0 \sum X^p + b_1 \sum X^{p+1} + \dots + b_p \sum X^{2p} \end{aligned}$$

donde los índices y límites de las sumas se han omitido - por simplicidad. Notemos que éste es un sistema de $p + 1$ ecuaciones lineales, con $p + 1$ incógnitas, b_0, b_1, \dots, b_p . A menos que la selección de los valores de X sea muy extraña, este sistema de ecuaciones tendrá una solución única.

REGRESIÓN MULTIPLE.- En este método, tratamos - con datos consistentes en, $(n + 1)$ -tuples $(X_1i, X_2i, \dots, X_ni, Yi)$ donde se supone que las X se conocen sin error, - mientras que las Y son valores de variables aleatorias. - Se encuentran datos de esta clase, por ejemplo, en estu- - dios para determinar el efecto de varias condiciones climá - ticas en la resistencia a la corrosión de un metal; el - efecto de la temperatura del horno, la humedad y el conte- nido de hierro en la resistencia de un recubrimiento, etc.

Como en el caso de una variable independiente, - comenzaremos por tratar el problema en que la ecuación de regresión es lineal, es decir, si para un conjunto dado de valores X_1, X_2, \dots, X_n la media de la distribución de las Y está dado por

$$\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_r X_r$$

Para dos variables independientes, este problema de ajustar un plano a un conjunto de n puntos de coordena-

das (X_1i, X_2i, Yi) , está ilustrado en la Fig. # 6.18

Fig. # 6.18

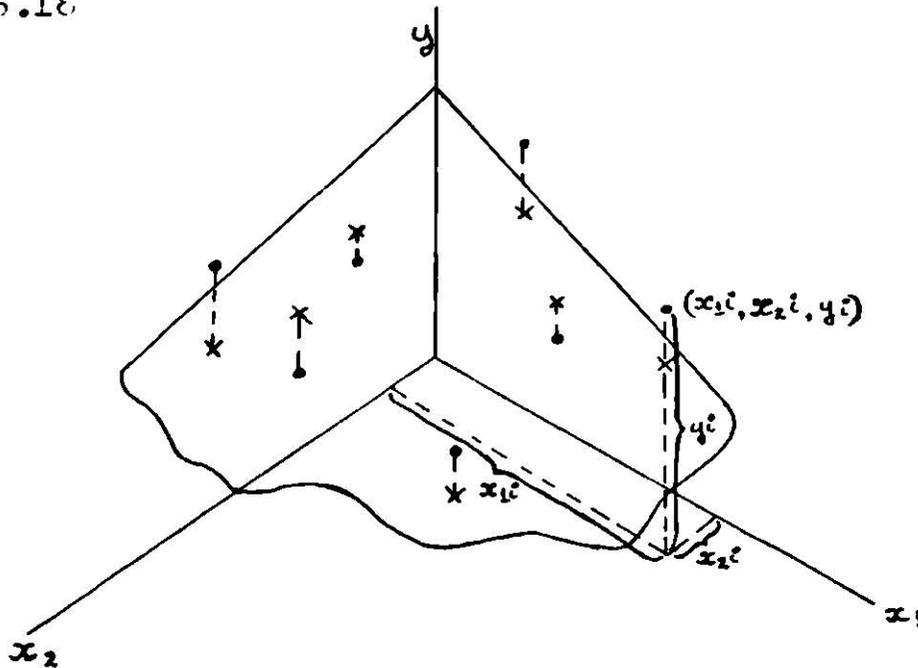


FIG.#6.18.-Regresión lineal múltiple

Aplicando el método de mínimos cuadrados para obtener estimaciones de los coeficientes β_0, β_1 y β_2 , hacemos mínima la suma de los cuadrados de las distancias verticales de los puntos al plano (Fig. # 6.18), es decir, se trata de hacer mínima

$$\sum_{i=1}^n [y_i - (\beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i})]^2$$

y las ecuaciones normales resultantes son:

$$\sum Y = n b_0 + b_1 \sum X_1 + b_2 \sum X_2$$

$$\sum X_1 Y = b_0 \sum X_1 + b_1 \sum X_1^2 + b_2 \sum X_1 X_2$$

$$\sum X_2 Y = b_0 \sum X_2 + b_1 \sum X_1 X_2 + b_2 \sum X_2^2$$

Para ilustrar este método de ajuste, de un plano a un conjunto de datos, consideraremos los datos correspondientes a las arrugas de recubrimiento de alambre en el tejido debidas al % de error del operador y de la máquina.

<i>y</i> Números de arrugas	<i>x</i> % Operador	<i>x</i> % Máquina
38	1	5
40	2	5
85	3	5
59	4	5
40	1	10
60	2	10
68	3	10
53	4	10
31	1	15
35	2	15
42	3	15
59	4	15
18	1	20
34	2	20
29	3	20
42	4	20

Sustituyendo

$$\sum X_1 = 40, \sum X_2 = 200, \sum X_1^2 = 120, \sum X_1 X_2 = 500,$$

$$\sum X_2^2 = 3,000, \sum Y = 733, \sum X_1 Y = 1989, \sum X_2 Y = 8285$$

en las ecuaciones normales, tenemos:

$$733 = 16 b_0 + 40 b_1 + 200 b_2$$

$$1989 = 40 b_0 + 120 b_1 + 500 b_2$$

$$8285 = 200 b_0 + 500 b_1 + 3,000 b_2$$

La única solución de este sistema de ecuaciones es $b_0 = 48.2$, $b_1 = 7.83$, $b_2 = -1.76$, y podemos estimar - - (predecir) el número de arrugas necesarias para rechazar - el tejido, por medio de la ecuación:

$$Y' = 48.2 + 7.83 X_1 - 1.76 X_2$$

Cuando un problema de regresión consta de varias variables y (6) el ajuste es de polinomios, los cálculos - necesarios pueden resultar muy tediosos. Sin embargo, si los valores de las variables independientes se pueden to-- mar convenientemente, es posible lograr considerables sim-- plificaciones utilizando espacios apropiados y una codifi-- cación.

6.2.3.- CORRELACION.

En esta sección, consideraremos los problemas -

donde tanto las X como las Y se tienen que suponer como variables aleatorias. Este sería el caso, por ejemplo, si estudiáramos la relación entre la precipitación pluviométrica y la cantidad recogida de cierta cosecha; la relación entre el esfuerzo de tensión y la dureza del aluminio; o la relación entre las impurezas en el aire y la incidencia de cierta epidemia. Problemas como éstos, en los que se supone que los puntos dados (X_i, Y_i) para $i = 1, 2, \dots, n$, son valores de un par de variables aleatorias, cuya densidad conjunta está dada por $f(X, Y)$, reciben el nombre de problemas de análisis de correlación.

En forma análoga a la fórmula $P(A \cap B) = P(A) \cdot P(B/A)$ que usamos para determinar probabilidades conjuntas, escribimos: $f(X, Y) = g(X) f(Y/X)$ donde $f(Y/X)$ define la densidad condicional de la segunda variables aleatoria para X fija. En este caso, $g(X)$ es una densidad marginal.

En lo que respecta a la densidad bivalente normal, las condiciones que imponemos a $f(Y/X)$ son prácticamente idénticas a las empleadas en la teoría de las muestras. Para una X dada, se supondrá que $f(Y/X)$ es una distribución normal con media $\alpha - \beta X$ y varianza σ^2 . Entonces, la regresión de Y sobre X es lineal y la varianza de

la densidad condicional no depende de X . Además, supondremos que la densidad marginal $g(X)$ es normal con media μ_1 y varianza σ_1^2 .

Sustituyendo las expresiones adecuadas de $f(Y/X)$ y $g(X)$, obtendremos

$$f(X, Y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_1} e^{-\frac{(x-\mu_1)^2}{2\sigma_1^2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_1} e^{-\frac{[y-(\alpha+\beta x)]^2}{2\sigma^2}}$$

$$f(X, Y) = \frac{1}{2\pi\sigma\sigma_1} e^{-\left\{\frac{[y-(\alpha+\beta x)]^2}{2\sigma^2} + \frac{(x-\mu_1)^2}{2\sigma_1^2}\right\}}$$

para $-\infty < X < \infty$ y $-\infty < Y < \infty$. Notemos que esta distribución conjunta contiene los cinco parámetros μ_1 , σ_1 , α , β y σ

Para razones de simetría y otras que se explicarán más adelante, es costumbre expresar la densidad normal bivariante en función de los parámetros μ_1 , σ_1 , μ_2 , σ_2 y

ρ . Aquí μ_2 y σ_2^2 son la media y la varianza de la distribución marginal $h(Y)$, mientras que ρ , llamada coeficiente de correlación, se define por:

$$\rho^2 = 1 - \frac{\sigma^2}{\sigma_2^2}$$

tomándose positivo ρ , cuando β es positivo; y negativo cuando β es negativo.

Ahora de

$$\mu_2 = \alpha - \beta \mu_1 \quad \text{y} \quad \sigma_2^2 = \sigma^2 - \beta^2 \sigma_1^2$$

sustituyendo estos valores en la expresión anterior de $f(Y/X)$, se obtiene finalmente la siguiente forma de la distribución normal bivalente:

$$f(X, Y) = \frac{1}{2\pi \sigma_1 \sigma_2 \sqrt{1-\rho^2}} \cdot e^{-\left[\left(\frac{X-\mu_1}{\sigma_1}\right)^2 - 2\rho\left(\frac{X-\mu_1}{\sigma_1}\right)\left(\frac{Y-\mu_2}{\sigma_2}\right) + \left(\frac{Y-\mu_2}{\sigma_2}\right)^2\right] / 2(1-\rho^2)}$$

para $-\infty < X < \infty$ y $-\infty < Y < \infty$

Con respecto al coeficiente de correlación ρ , debemos notar que $-1 \leq \rho \leq +1$ puesto que $\sigma_2^2 = \sigma^2 + \beta^2 \sigma_1^2$ y por consiguiente $\sigma_2^2 \geq \sigma^2$. Además, ρ solo puede ser igual a -1 ó $+1$ cuando $\sigma^2 = 0$, lo que representa el caso degenerado en el que todas las probabilidades se encuentran concentradas a lo largo de la recta $Y = \alpha + \beta X$ y entonces, hay una relación lineal perfecta entre las dos variables aleatorias. El coeficiente de correlación es igual a cero si, y solo si, $\sigma^2 = \sigma_2^2$, y de la identidad $\sigma_2^2 = \sigma^2 + \beta^2 \sigma_1^2$ deducimos que esto solo pasará cuando $\beta = 0$. Entonces, $\rho = 0$ implica que la regresión de Y sobre X es una recta horizontal y, por tanto, que el conocimiento de X no ayuda a la predicción de Y . Ahora, cuando $\rho = \pm 1$, decimos que hay una correlación lineal perfecta entre las dos variables aleatorias; cuando $\rho = 0$, decimos que no hay correlación entre las dos variables al azar. De hecho, $\rho = 0$ implica

para la densidad normal bivalente que las dos variables aleatorias son independientes.

Para valores entre 0 y +1 ó entre 0 y -1, interpretamos ρ refiriéndonos a la identidad

$$\rho = 1 - \frac{\sigma^2}{\sigma_2^2} = \frac{\sigma_2^2 - \sigma^2}{\sigma_2^2}$$

como σ^2 es una medida de la variación de las Y cuando X es conocida, mientras que σ_2^2 es una medida de la variación de las Y cuando X es desconocida, $\sigma_2^2 - \sigma^2$ medirá la variación de las Y calculadas por la relación lineal con X . Luego, ρ^2 nos dice en qué proporción se pueden atribuir las variaciones de las Y a la relación lineal con X .

Dada una muestra aleatoria de tamaño n -ésto es, n pares de valores (X_i, Y_i) - se estima comúnmente por medio del coeficiente de correlación muestral

$$r = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_{xx} \cdot S_{yy}}}$$

Este estimador no es insesgado y, salvo el factor $\sqrt{\frac{n-1}{n-2}}$, se puede obtener sustituyendo σ_2^2 por la varianza muestral de las Y , y σ^2 por el estimado S_e^2 .

Notemos que el coeficiente de correlación muestral r , se emplea siempre para medir la fuerza de la tendencia a una relación lineal exhibida por datos de la muestra, aunque estos datos no provengan necesariamente de un lote normal bivariante.

CAPITULO VII

GRAFICAS DE CONTROL

Es probable que la actividad más generalizada del control de calidad sea, el control de las variaciones de la materia prima, de los volúmenes unitarios de producción y de las piezas de los conjuntos durante el proceso de su manufactura.

En general, las variaciones que ocurren en un proceso industrial, se dividen en dos grandes categorías:

- a) Las variaciones accidentales y
- b) Aquellas debidas a causas asignables.

a) Las variaciones accidentales pueden deberse a una combinación compleja de causas reales menores ninguna de las cuales representa una parte significativa de la variación total, éstas variaciones ocurren de manera aleatoria y tenemos muy poca influencia en ellas en un proceso dado.

b) Por otra parte, las variaciones debidas a causas asignables, son relativamente grandes y se pueden investigar. En general, las causas asignables son:

- 1) Diferencias entre trabajadores,
- 2) Diferencias entre máquinas,
- 3) Diferencias entre materiales y
- 4) Diferencias debidas a la interacción de cualquiera de los anteriores factores.

Cuando un proceso está en un estado de control estadístico, las variaciones que ocurren serán debidas a causas accidentales. De esta manera, cuando se superponen las variaciones debidas a una o más de las causas asignables, - éstas sobresalen y se notan de inmediato, indicándonos que algo básico ha cambiado.

La principal ayuda estadística para estos trabajos, es la gráfica de control.

Por lo que podemos definir a la "gráfica de control" como: "La comparación gráfica-cronológica de las características actuales 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, tienen como características:

1) Que se basan en hechos, conocidos mediante -
inspecciones sucesivas durante el desarrollo de los proce-
sos, y

2) Que muestran en todo momento el estado que -
guarda cada fase del proceso.

La finalidad de estas gráficas es, la prevención
de errores que desvirtúan el proceso de fabricación o de o
tra naturaleza.

Resulta una empresa muy peligrosa depender de la
información que únicamente mantiene en su memoria el obre-
ro cuando se trate de la variación de la característica de
calidad de un producto. Pero si esa forma práctica de "sa
ber como", se complementa con el empleo de las gráficas de
control, se obtendrán beneficios en exactitud y la conser-
vación de los registros con los resultados.

Los resultados que podemos esperar, al utilizar
las gráficas de control son:

- 1) Reducción de desperdicios o reprocesos,
- 2) Manifestación inmediata de variaciones no de-
seadas,

- 3) Reducción de costos,
- 4) Formación de historia de la calidad,
- 5) Bases para establecer o modificar especificaciones y
- 6) Un efecto psicológico favorable a la disciplina en el trabajo y a la formación del sentido de la responsabilidad.

Modelos de gráficas de control.- De acuerdo con las dos clases de datos de que se dispone en la industria, existen dos modelos fundamentales para las gráficas de control:

- 1) Gráficas para mediciones o por "variables" siendo las más generales, las denominadas gráficas de la media " \bar{X} " y de amplitud "R",

- 2) Gráficas para datos que provienen de calibradores de pasa-no-pasa o por "atributos", empleándose las gráficas de fracción defectiva "p", número de defectivos - "np" y defectos por unidad "c".

Las etapas que se siguen para el desarrollo de las gráficas de control, son los siguientes:

- 1) Selección de la característica de calidad más conveniente,

2) Recolección de los datos tomados de cierto número de muestras, cada una formada por un número conveniente de unidades,

3) Determinación de los límites de control, de acuerdo con los datos proporcionados por las muestras,

4) Decidir si esos límites de control, son económicamente satisfactorios, para el trabajo,

5) Trazar éstos límites de control sobre una hoja cuadrículada. Iniciar el registro de los resultados de las muestras de un tamaño adecuado, seleccionadas a determinados intervalos periódicos y conforme se vayan tomando de la producción,

6) Cuando la característica de las muestras de la producción quede fuera de los límites de control, tomar la acción correctiva necesaria.

A continuación, se hará mención de las características de los modelos de gráficas de control, en forma individual.

7.1.- GRÁFICAS DE CONTROL POR VARIABLES.

La función primordial de las gráficas de control es, la de indicarnos o reflejarnos cuando una operación es

tá en control y cuando está en descontrol. En las gráficas de control, se obtiene una máxima sensibilidad, permitiendo una mayor eficiencia de las mismas como instrumento de control.

Existe una completa similitud entre los límites del proceso y los límites de variación normal, enunciados al tratarse las gráficas de control. Los límites de variación normal son, para fines prácticos, los límites del proceso de las distribuciones de frecuencias, que sean representativas de la característica de calidad del producto examinado. Su explicación gráfica se observa en la Fig. #7.1

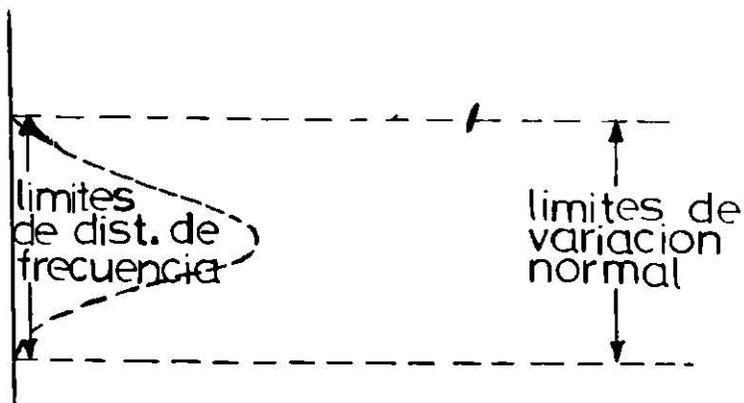


FIG.#7.1

Debido a esta similitud, la forma de una gráfica de control por variables es, simplemente una aplicación de las distribuciones de frecuencias. Con el empleo de las gráficas de por variables, se hacen resaltar las dos características importantes de una distribución de frecuencias, presentadas en dos gráficas independientes que son:

1) Una para las medidas de tendencia central, siendo de mayor utilidad la medida de la media " \bar{X} ".

2) La otra gráfica, para las medidas de dispersión, siendo la más usual la de amplitud "R".

Este tipo de gráficas, por variables, hace muy económica la selección de muchas muestras, formada cada una por muy pocas lecturas.

Es necesario que la gráfica de control por variables, esté compuesta por dos gráficas juntas; una gráfica de promedios y otra de amplitud o rangos, cada gráfica con sus límites de control.

CLACULO DE LOS LIMITES DE CONTROL PARA LAS GRAFICAS " \bar{X} ".

Las expresiones matemáticas empleadas para el cálculo de los límites de control, son las siguientes:

$$L.S.C. = \bar{\bar{X}} + 3\sigma_{\bar{X}}$$

$$L.C. = \bar{\bar{X}}$$

$$L.I.C. = \bar{\bar{X}} - 3\sigma_{\bar{X}}$$

En donde L.S.C. = Límite superior de control.

L.C. = Límite central.

L.I.C. = Límite inferior de control.

$\bar{\bar{X}}$ = Media promedio.

= Desviación estándar de la media.

Para obtener una fórmula más simplificada de estos límites, se parte de la interpretación de la desviación estándar de la media, como $\sigma_{\bar{X}} = \frac{\bar{R}}{\sqrt{n} d_2}$

Donde \bar{R} = Rango promedio.

n = Tamaño de la muestra.

d_2 = Constante que depende de n .

Obteniendo que:

$$L.S.C. = \bar{\bar{X}} + 3 \frac{\bar{R}}{\sqrt{n} d_2}$$

$$L.I.C. = \bar{\bar{X}} - 3 \frac{\bar{R}}{\sqrt{n} d_2}$$

Y se encontró que el factor $\frac{\bar{R}}{\sqrt{n} d_2}$, se podía tabular como

una constante que dependiera en el tamaño de la muestra, - interpretándola con la letra "A₂". Este factor, "A₂", se determina en la tabla "C".

Quedando los límites finalmente de la siguiente forma:

$$L.S.C. = \bar{\bar{X}} + A_2 \cdot \bar{R}$$

$$L.C. = \bar{\bar{X}}$$

$$L.I.C. = \bar{\bar{X}} - A_2 \cdot \bar{R}$$

CLACULO DE LOS LIMITES DE CONTROL PARA LAS GRAFICAS "R".

Las expresiones matemáticas empleadas para el cálculo de los límites de control, son los siguientes:

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

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

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

En donde L.S.C. = Límite superior de control.

L.C. = Límite central.

L.I.C. = Límite inferior de control.

\bar{R} = Rango promedio.

D_3 = Constante dependiente de n para L.I.C.

D_4 = Constante dependiente de n para L.S.C.

Los valores de las constantes " D_3 " y " D_4 ", se de terminan en la tabla "C".

Un ejemplo de las más generales gráficas por variables, " \bar{X} " y "R", se presenta a continuación, con una inspección de tejido de alambre, supuestamente llevada a cabo, como producto terminado.

1.- Encontramos que la característica de calidad más conveniente a controlar es, la pérdida de recubrimiento del alambre, al doblarse para formar el tejido.

2.- Para lo cual, se hicieron un total de 10 observaciones, analizando 5 rollos en cada una de estas, y de lo cual obtenemos los siguientes datos:

	1	2	3	4	5
	0.00180	0.00140	0.00120	0.00110	0.00120
	0.00160	0.00130	0.00150	0.00140	0.00110
	0.00120	0.00150	0.00160	0.00110	0.00190
	0.00150	0.00180	0.00190	0.00130	0.00170
	<u>0.00140</u>	<u>0.00110</u>	<u>0.00120</u>	<u>0.00130</u>	<u>0.00180</u>
\bar{X} =	0.00150	0.00142	0.00148	0.00124	0.00154
R =	0.00060	0.00070	0.00070	0.00030	0.00080

	6	7	8	9	10
	0.00180	0.00150	0.00160	0.00110	0.00190
	0.00150	0.00180	0.00180	0.00130	0.00110
	0.00140	0.00190	0.00170	0.00150	0.00130
	0.00120	0.00170	0.00160	0.00180	0.00150
\bar{X} =	$\frac{0.00130}{0.00144}$	$\frac{0.00150}{0.00168}$	$\frac{0.00120}{0.00158}$	$\frac{0.00170}{0.00148}$	$\frac{0.00160}{0.00148}$
R =	0.00060	0.00040	0.00060	0.00070	0.00080

$$\text{De donde } \bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}}{\# \text{ de obs.}} = \frac{0.01484}{10} = 0.001484$$

$$\bar{\bar{R}} = \frac{\sum \bar{R}}{\# \text{ de obs.}} = \frac{0.00620}{10} = 0.000620$$

3.- Límites para gráfica \bar{X}

$$\begin{aligned} \text{L.S.C.} &= \bar{\bar{X}} + A_2 \cdot \bar{\bar{R}} = (0.001484) + (0.577)(0.000620) \\ &= 0.001842 \end{aligned}$$

$$\text{L.C.} = \bar{\bar{X}} = 0.001484$$

$$\begin{aligned} \text{L.I.C.} &= \bar{\bar{X}} - A_2 \cdot \bar{\bar{R}} = (0.001484) - (0.577)(0.000620) \\ &= 0.001126 \end{aligned}$$

Límites para gráfica R

$$\text{L.S.C.} = \bar{\bar{R}} \cdot D_4 = (0.000620)(2.115) = 0.001311$$

$$\text{L.C.} = \bar{\bar{R}} = 0.000620$$

$$\text{L.I.C.} = \bar{\bar{R}} \cdot D_3 = (0.000620)(0) = 0.000000$$

4.- Al haber encontrado los límites de control, - tanto como para la gráfica " \bar{X} ", como para "R", se observa claramente que la mayoría de datos están dentro de los límites, por lo que podemos decir que el proceso si está bajo control y que es económicamente satisfactorio debido a los pocos rollos de alambre no deseables.

5.- La representación gráfica de los límites de control para las gráficas por variables, se pueden observar en las Figs. # 7.2 y # 7.3

Análisis de la gráfica.- Al graficar, se pueden encontrar las siguientes situaciones:

1.- Algún punto está "fuera de control" en la gráfica de promedios, pero el correspondiente en la gráfica de rangos está dentro de los límites. Esta situación nos indica que debemos investigar, ya que la gráfica de promedios así nos lo indica, aunque la de rangos no lo indica; esto se debe a que el subgrupo que se está graficando tiene un rango que cae dentro de límites, pero contiene elementos con valores muy grandes o muy pequeños que hacen que el promedio del subgrupo está fuera de límites de control, por lo tanto no lo indica que se debe investigar y corregir.

2.- Algún punto está dentro de control en la --- gráfica de promedios, pero el correspondiente en la gráfica de rangos está fuera de límites. Esto nos indica que el proceso está "dentro de control", sin embargo, el punto que está fuera de control en la gráfica de rangos, nos indica que ahí sucedió algo anormal, pues en ese subgrupo hubo una variación grande.

3.- Algún punto está "fuera de control" en ambas gráficas. Lógicamente implica acción investigadora.

4.- Cuando todos los puntos están arriba o abajo del promedio. Esto también es anormal y por lo tanto hay que investigar y corregir.

7.2.- GRAFICAS DE CONTROL POR ATRIBUTOS.

Para los efectos de una operación de control por atributos, es necesario establecer las definiciones de los siguientes términos que implican éstas.

Defecto (c).- Es toda causa que hace que un elemento no cumpla con un determinado requisito impuesto como característica de calidad.

Defectivos ó defectuosos (np).- Se designa así a

todos los artículos que presentan uno ó más defectos.

Fracción defectiva (p). - Es la relación entre el número de artículos defectivos encontrados en una muestra con el número total de artículos que forman la muestra.

Las gráficas de control de atributos, se clasifican en:

- 1.- Gráficas de fracción defectiva " p "
- 2.- Gráficas de defectos por pieza " c "
- 3.- Gráficas de defectuosos " np "

Gráficas de fracción defectiva " p ". - La fracción defectiva es, el valor que se obtiene de dividir el número de unidades que presentan defectos, entre el número total de unidades inspeccionadas. El $\%$ defectivo es la representación del anterior valor decimal.

Siendo general el concepto de variabilidad entre las piezas manufacturadas, se deberá encontrar en la inspección por atributos y en su correspondiente valor de la fracción defectiva; así como en las lecturas por mediciones efectivas. Con los datos de la fracción defectiva, la medida de tendencia central, es la media de estos datos expresada en esa fracción. La desviación estándar es la me-

dida de dispersión en esa fracción.

La medida de la fracción defectiva, se simboliza por \bar{p}_1 . Para un tamaño constante de muestra, el valor de \bar{p}_1 , se puede calcular dividiendo la fracción defectiva por muestra entre el tamaño de la muestra.

$$\bar{p}_1 = \frac{\# \text{ de defectivos por muestra}}{n}$$

Si el tamaño de la muestra es, variable, el valor de \bar{p} se encuentra dividiendo el número total de defectivos encontrados en la serie de muestras, entre el número total de unidades en la serie de muestras.

$$\bar{p} = \frac{\# \text{ total de defectivos en todos los lotes}}{\# \text{ total de unidades en todos los lotes}}$$

Para un tamaño de muestra, la $\sigma_{\bar{p}}$ es:

$$\sigma_{\bar{p}} = \sqrt{\frac{\bar{p}_1 (1 - \bar{p}_1)}{n}}$$

La obtención de los límites de control para gráficas de fracción defectiva, son como sigue:

$$L.S.C. = \bar{p}_1 + 3\sigma_{\bar{p}_1}$$

$$L.C. = \bar{p}_1$$

$$L.I.C. = \bar{p}_1 - 3\sigma_{\bar{p}_1}$$

Donde L.S.C. = Límite superior de control.

L.C. = Límite central.

L.I.C. = Límite inferior de control.

\bar{p}_1 = Media de la fracción defectiva.

n = Tamaño promedio del lote.

Ejemplo de gráfica de fracción defectiva.

En la mediana industria, mencionada anteriormente, en su departamento de fundición, se fabrican accesorios de aluminio a los cuales se les hizo una supuesta inspección por atributos, durante 30 días, obteniéndose los resultados que a continuación se presentan:

Día	accesorios inspeccionados	accesorios defectuosos
1	25	1
2	27	0
3	23	2
4	24	1

<i>Día</i>	<i>accesorios inspeccionadosq</i>	<i>accesorios defectuosos</i>
5	25	3
6	22	0
7	20	2
8	23	1
9	26	2
10	27	2
11	29	4
12	26	2
13	28	3
14	24	1
15	25	2
16	21	0
17	24	1
18	26	0
19	27	1
20	28	0
21	25	1
22	29	5
23	26	2
24	27	1
25	24	1
26	21	2
27	28	0

Día	accesorios inspeccionados	accesorios defectuosos
28	25	1
29	26	3
30	24	2
	<u>755</u>	<u>46</u>

Cálculo de los límites.

$$\bar{p}_1 = \frac{\# \text{ total de defectivos}}{\# \text{ total de artículos inspeccionados}}$$

$$\bar{p}_1 = \frac{46}{755} = 0.0609$$

$$\sigma_{\bar{p}} = \sqrt{\frac{\bar{p}_1 (1 - \bar{p}_1)}{n}} = \sqrt{\frac{(0.0609)(1 - 0.0609)}{25.16}}$$

$$\sigma_{\bar{p}} = 0.0477$$

$$L.S.C. = \bar{p}_1 + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}_1 (1 - \bar{p}_1)}{n}} = \bar{p}_1 + 3 \sigma_{\bar{p}_1}$$

$$= 0.0609 + 3(0.0477) = 0.2039$$

$$L.C. = \bar{p}_1 = 0.0609$$

$$L.I.C. = \bar{p}_1 - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}_1 (1 - \bar{p}_1)}{n}} = \bar{p}_1 - 3 \sigma_{\bar{p}_1}$$

$$= 0.0609 - 3(0.0477) = 0.0821$$

Nota: En este caso, para el límite inferior se toma como valor de "CERO", pues el resultado con signo negativo no tiene significado.

El porcentaje defectivo se obtiene dividiendo la cantidad de piezas malas entre el total de piezas inspeccionadas por día.

$$\% \text{ defectivo} = \frac{\# \text{ de piezas malas}}{\# \text{ total de piezas inspeccionadas}}$$

Día	% defectivo	Día	% defectivo
1	0.040	16	0.000
2	0.000	17	0.042
3	0.087	18	0.000
4	0.042	19	0.037
5	0.0120	20	0.000
6	0.000	21	0.040
7	0.100	22	0.172
8	0.043	23	0.077
9	0.077	24	0.037
10	0.074	25	0.042
11	0.138	26	0.095
12	0.077	27	0.000
13	0.107	28	0.040
14	0.042	29	0.115
15	0.080	30	0.083

La representación gráfica de la gráfica por atributos, de fracción defectiva "p", se observa en la Fig.

7.4

Gráfica de números de defectivos "np".- En la inspección por atributos, existen algunos casos en que se prefiere el número de defectivos en lugar de la fracción defectiva, para trazar las gráficas de control.

Los límites de control para las gráficas por número de defectivos, o de "np", para un tamaño de muestra, se calculan como sigue:

$$L.S.C. = n\bar{p} + 3 \sqrt{n\bar{p} (1 - \bar{p})}$$

$$L.C. = n\bar{p}$$

$$L.I.C. = n\bar{p} - 3 \sqrt{n\bar{p} (1 - \bar{p})}$$

Donde: \bar{p} = Fracción defectiva media

$n\bar{p}$ = Fracción defectiva media por el tamaño de la muestra.

$$n\bar{p} = \frac{\# \text{ de defectivos totales}}{\# \text{ total de lotes inspeccionados}}$$

La interpretación, el procedimiento y la forma de cálculo de los límites de control, es muy semejante a la descrita al tratar las gráficas de fracción defectiva. Las

gráficas "p" se transforman fácilmente en gráficas de "np" haciendo únicamente el cambio de escalas y multiplicando los límites de control, por el tamaño de la muestra "n".

Es recomendable que este tipo de gráfica, se emplee únicamente cuando todos los lotes sean del mismo tamaño o de un tamaño similar, debido a que el valor que corresponde a la línea central " $n\bar{p}$ ", está en función del tamaño del lote "n" y por lo tanto si hubiese variaciones apreciables en los tamaños de los lotes la línea central, deberá ser variada, lo cual dificulta la comparación de resultados.

La aplicación de este tipo de gráficas, la llevaremos a cabo con los datos del ejemplo anterior (de la gráfica de fracción defectiva), tomando lotes constantes.

Días	accesorios inspeccionados	accesorios defectuosos
1	25	1
2	25	0
3	25	2
4	25	1
5	25	3
6	25	0

7-22

<i>Días</i>	<i>accesorios inspeccionados</i>	<i>accesorios defectuosos</i>
7	25	2
8	25	1
9	25	2
10	25	2
11	25	4
12	25	2
13	25	3
14	25	1
15	25	2
16	25	0
17	25	1
18	25	0
19	25	1
20	25	0
21	25	1
22	25	5
23	25	2
24	25	1
25	25	1
26	25	2
27	25	0
28	25	1
29	25	3
30	25	2
	<hr/> 750	<hr/> 46

$$\bar{np} = \frac{\# \text{ de defectivos totales}}{\# \text{ total de lotes inspeccionados}}$$

$$\bar{np} = \frac{46}{30} = 1.533$$

Cálculo de los límites.

$$\begin{aligned} \text{L.S.C.} &= \bar{np} + 3\sqrt{\bar{np}(1-\bar{p})} = 1.533 + 3\sqrt{1.533(1-0.61)} \\ &= 1.533 + 3\sqrt{1.439} = 5.853 \end{aligned}$$

$$\text{L.C.} = \bar{np} = 1.533$$

$$\begin{aligned} \text{L.I.C.} &= \bar{np} - 3\sqrt{\bar{np}(1-\bar{p})} = 1.533 - 3\sqrt{1.439} \\ &= -2.787 \end{aligned}$$

Nota: En este caso, el límite inferior se toma como de valor "CERO", pues el resultado con signo negativo no tiene significado.

En la Fig. # 7.5, se representan gráficamente los límites para esta gráfica, en la cual se encuentran graficados los puntos encontrados.

Gráficas de defectos por unidad "c".- Este tipo de gráficas, se emplean cuando por alguna circunstancia es posible que se presenten varios defectos de diferente naturaleza y que se necesita controlar el número de defectos por muestra o por unidad. Este control es muy conveniente

en el caso de que la inspección cubra más de una característica de calidad, como por ejemplo: Dimensiones controladas con calibrador, inspección visual de acabado, pruebas mecánicas y eléctricas, etc.

Sus límites de control se calculan con las siguientes fórmulas:

$$L.S.C. = c' + 3 \sqrt{c'}$$

$$L.C. = c'$$

$$L.I.C. = c' - 3 \sqrt{c'}$$

Donde: L.S.C. = Límite superior de control

L.C. = Límite central

L.I.C. = Límite inferior de control

c' = Promedio de defectos

$$c' = \frac{\text{Total de defectos}}{\text{Total de artículos inspeccionados}}$$

Ejemplo de gráficas de defectos por unidad "c".

De los datos del ejemplo de accesorios, haremos la inspección-supuesta-de piezas durante el día 1. Se encontró que fueron 30 piezas, tamaño de la muestra, observando los defectos por unidad de la forma siguiente:

<i>Pieza No.</i>	<i>Defectos/unidad</i>	<i>Pieza No.</i>	<i>Defectos/unidad</i>
1	2	16	0
2	1	17	4
3	3	18	0
4	4	19	2
5	0	20	1
6	2	21	4
7	3	22	1
8	3	23	2
9	1	24	0
10	0	25	4
11	2	26	3
12	0	27	2
13	4	28	0
14	3	29	1
15	1	30	1

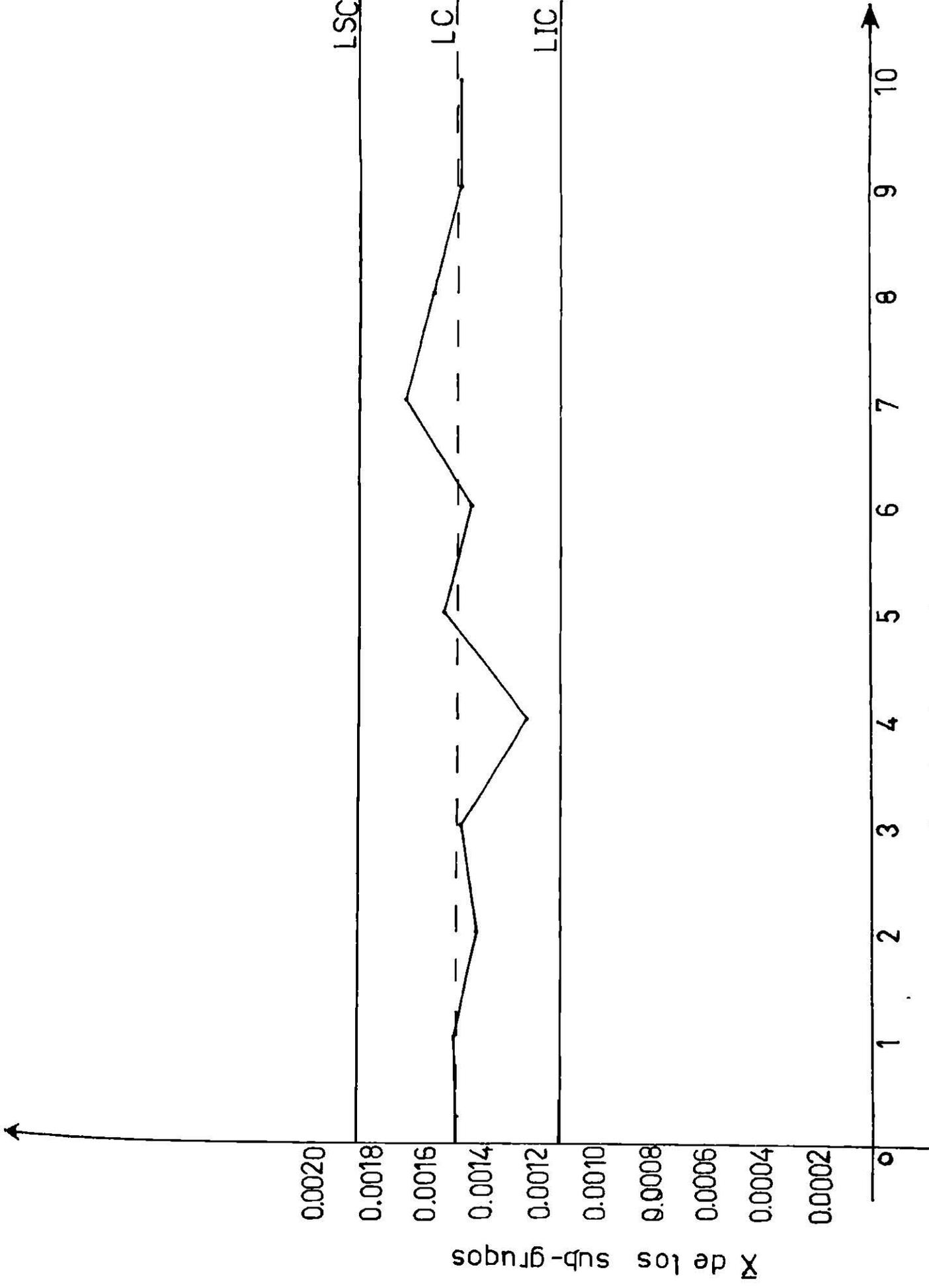
$$c' = \frac{\text{Total de defectos}}{\text{Total de piezas inspeccionadas}}$$

$$c' = \frac{54}{30} = 1.8$$

$$\begin{aligned}
 \text{L.S.C.} &= c' + 3\sqrt{c'} \\
 &= 1.8 + (3\sqrt{1.8}) = 1.8 + (3)(1.34) \\
 &= 1.8 + 4.02 = 5.820 \\
 \text{L.C.} &= c' = 1.800 \\
 \text{L.I.C.} &= c' - 3\sqrt{c'} \\
 &= 1.8 - (3\sqrt{1.8}) = 1.8 - (3)(1.34) \\
 &= 1.8 - 4.02 = -2.22
 \end{aligned}$$

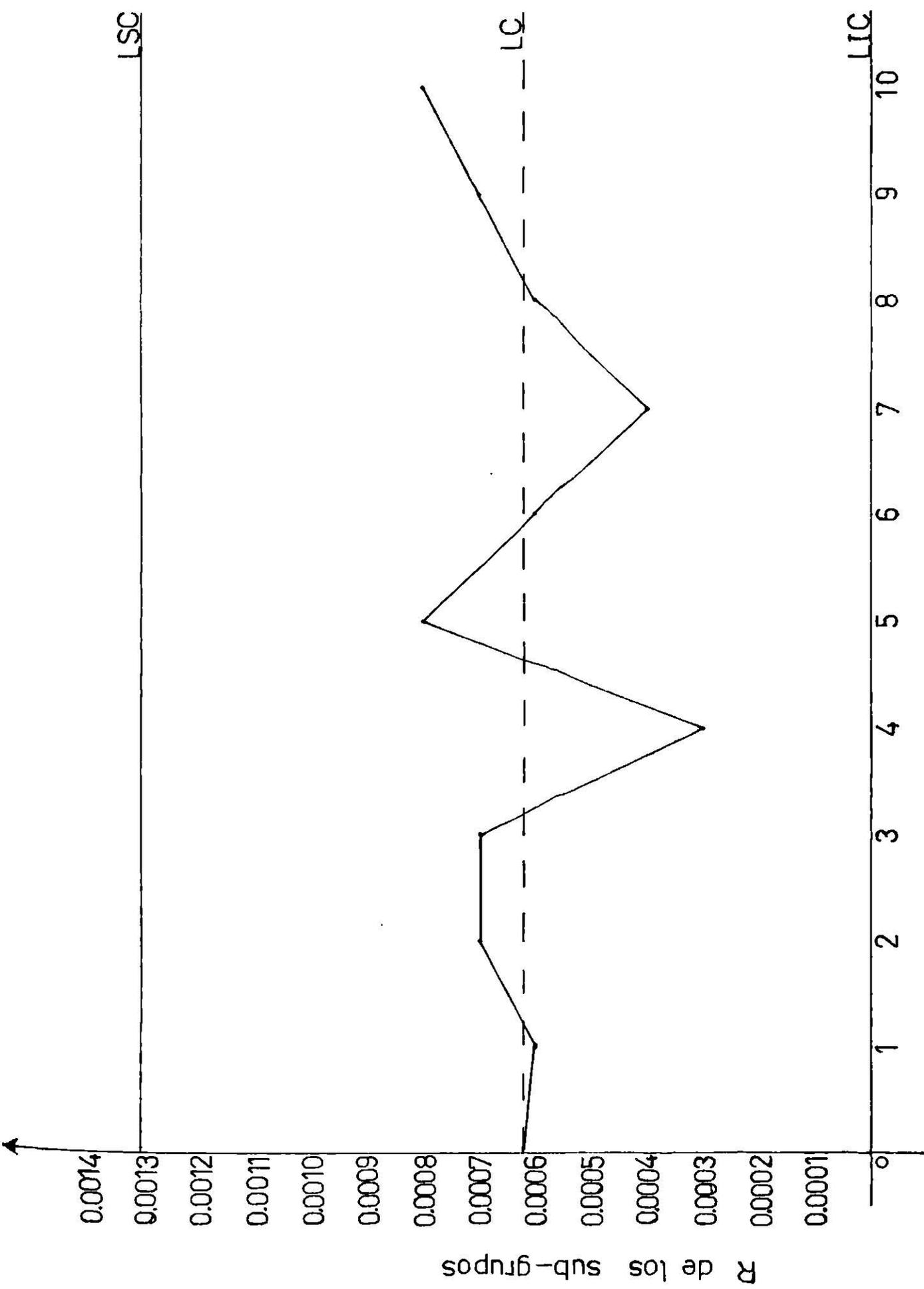
Nota: En este caso, para el criterio del límite inferior es, tomar como valor "CERO", pues el resultado con signo negativo no tiene significado.

En la Fig. # 7.6, observamos la construcción de la gráfica de defectos por unidad "c".



No. de observaciones

FIG.#72 Grafica "X"



No. de observaciones

FIG. # 73 Grafica "R"

LSC

LC

LIC

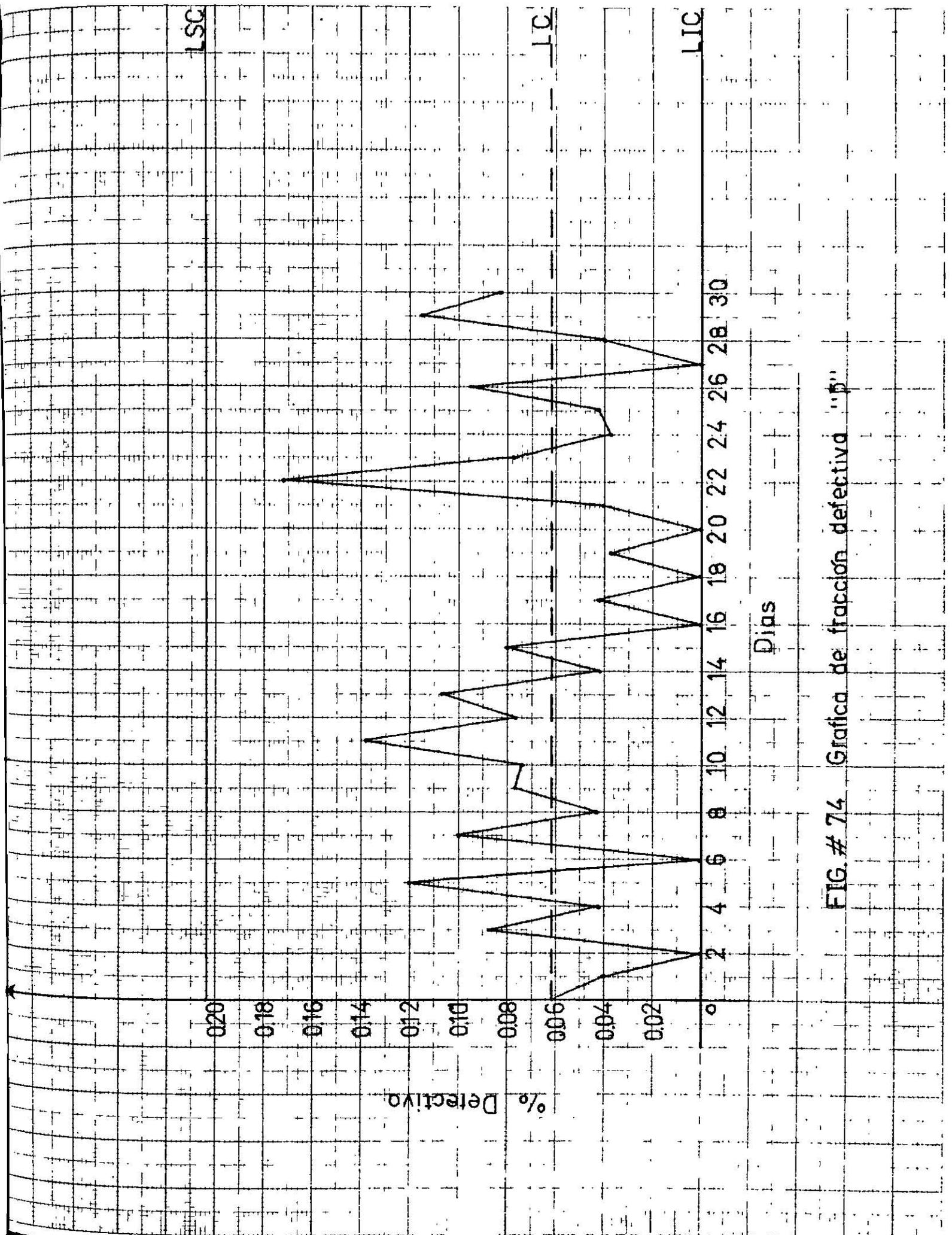
0.20
0.18
0.16
0.14
0.12
0.10
0.08
0.06
0.04
0.02
0

% Defectivo

2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30

Dias

FIG. # 74 Grafica de fracción defectiva "p"



LSC

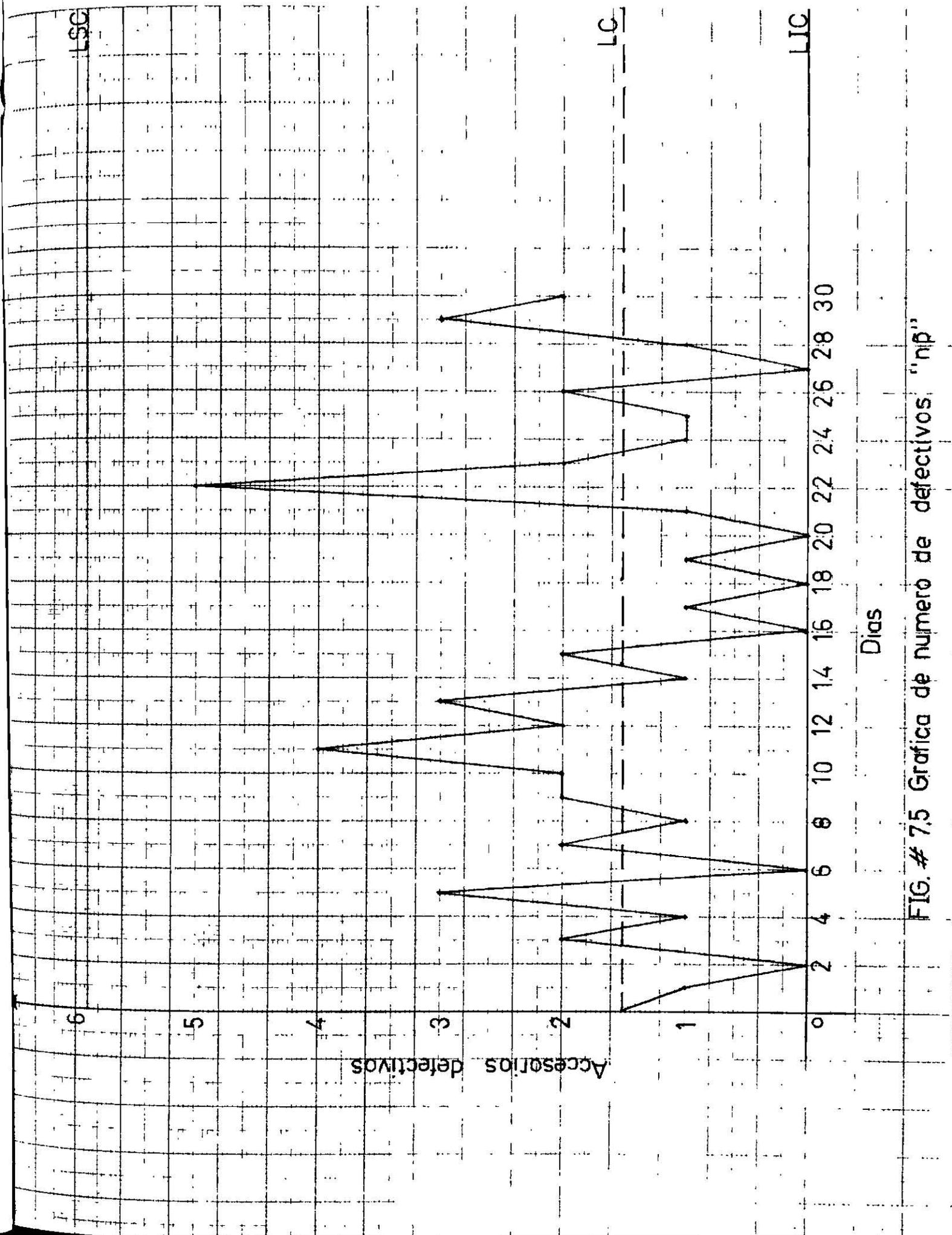
LC

LIC

Accesorios defectivos

Dias

FIG. # 7,5 Grafica de numero de defectivos "n/p"



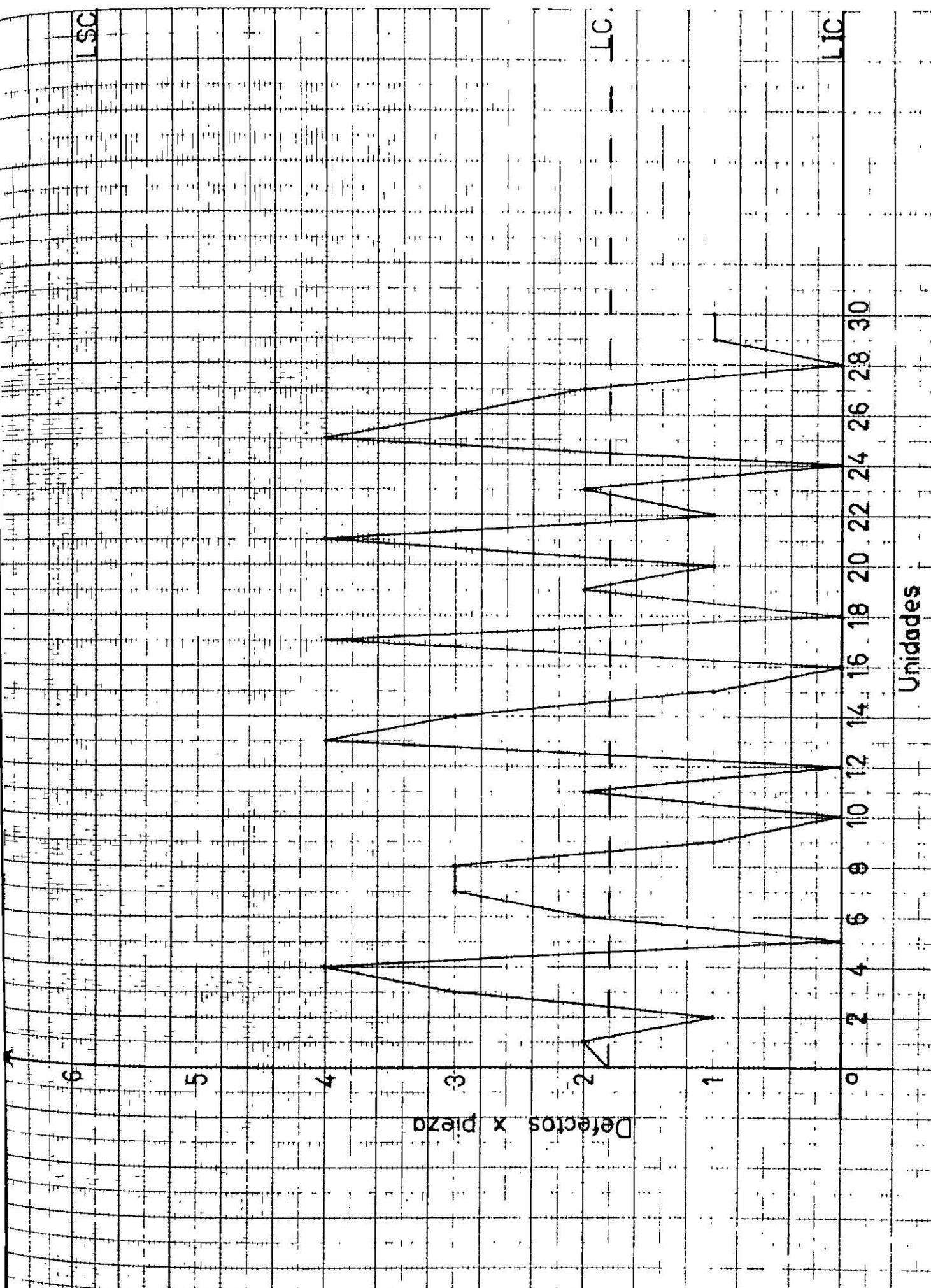


FIG.# 76 Grafica de defectos por unidad "c"

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Debemos de tener la conciencia de que en la iniciación de una aplicación de los métodos estadísticos, no es nada práctico tratar de aplicar la misma técnica a todos los procesos de una misma planta a la vez. En la práctica llegarán a descubrirse muchos factores que se oponen a tales procedimientos, ya que, un sistema de control deberá ser aplicado primero a un solo proceso o cuando más a dos, para después continuar extendiéndolo paulatinamente a toda la fabricación, según como se vaya requiriendo.

La selección del primer proceso al cual se deben de aplicar los métodos estadísticos, es de suma importancia. Se debe de atender primero a todas las circunstancias que sean favorables y en seguida a la necesidad urgente que haya de corrección en la calidad del producto, en alguna fase importante.

Los tópicos de mayor importancia para la iniciación de una operación de control, son:

- A) Iniciar la operación en aquellos departamentos en que se pueda contar con la cooperación

de maestros, jefes de taller o capataces.

- B) Preferir aquellos departamentos en que se cause la menor inconveniencia a la producción en general, hasta que los métodos estadísticos - empiecen a demostrar su eficiencia.
- C) Iniciarlos en donde se presente la oportunidad de demostrar una economía notoria de: materiales, mano de obra o costos de inspección.

Se debe de tener presente que lo nuevo de esta - técnica, la falta de experiencia y las fases oscuras de - un proceso, así como la falta de cooperación del personal, son causas muy posibles de un fracaso. Por ésto, todas -- las técnicas deberán de estar apoyadas sobre la base de - una aptitud firme del personal de la compañía hacia la ca- lidad y para los medios modernos necesarios para su con- - trol.

Esta aptitud absoluta hacia la calidad, dentro - de la compañía, está representada principalmente por ese - espíritu tan intangible, pero extremadamente importante, - de la "conciencia de la calidad" que debe de abarcar desde el gerente general hasta todo el personal de hombres y mu- jeres que estén en sus puestos. Esta aptitud no es posi--

ble que se desarrolle automáticamente por medio de la instalación de un programa de control de calidad completo. Se debe ir adquiriendo a través de la acción del personal del grupo de control de calidad y mediante los resultados que se van obteniendo en las actividades de las tareas de control de calidad.

Estas aptitudes se pueden alcanzar por medio de lo que pudiera llamarse escuetamente, un proceso de "convencimiento" firme de parte del personal que ha propuesto la implantación del control de calidad. Cualquier punto nuevo relativo al programa de control total de la calidad, se debe de introducir con firmeza y gradualmente, a parte por parte de toda la organización de la compañía, a fin de ir obteniendo una franca aceptación, cooperación y participación. Todo procedimiento nuevo o extraño no debe de implantarse en el taller sin tener una gran seguridad y sin haber hecho la preparación de su introducción; la descripción de los métodos técnicos de control de calidad no debe hacerse con el lenguaje misterioso de los matemáticos o de los técnicos, sino con el de taller.

La adopción de un programa de control total de la calidad, depende esencialmente de la firmeza de las actividades de las relaciones humanas. Es preciso estable-

cer un plan de información claro, conciso y bien sostenido por todo el personal y los grupos que tengan un papel importante en el control de calidad.

Tabla I
 FUNCION DE DISTRIBUCION BINOMIAL

$$B(x; n, p) = \sum_{k=0}^x \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k}$$

n	x	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
2	0	0.9025	0.8100	0.7225	0.6400	0.5625	0.4900	0.4225	0.3600	0.3025	0.2500
2	1	0.9975	0.9900	0.9775	0.9600	0.9375	0.9100	0.8775	0.8400	0.7975	0.7500
3	0	0.8574	0.7200	0.5811	0.4520	0.3209	0.2000	0.0900	0.0100	0.0000	0.0000
3	1	0.9928	0.9720	0.9392	0.8960	0.8438	0.7840	0.7182	0.6480	0.5748	0.5000
3	2	0.9999	0.9999	0.9999	0.9840	0.9644	0.9370	0.9071	0.8760	0.8439	0.8100
4	0	0.8145	0.6561	0.5220	0.4096	0.3163	0.2400	0.1785	0.1296	0.0915	0.0625
4	1	0.9860	0.9477	0.9085	0.8692	0.8300	0.7917	0.7540	0.7172	0.6810	0.6455
4	2	0.9905	0.9883	0.9890	0.9728	0.9519	0.9263	0.8975	0.8656	0.8315	0.7975
4	3	1.0000	0.9999	0.9999	0.9894	0.9807	0.9619	0.9350	0.9044	0.8700	0.8325
5	0	0.7738	0.5905	0.4437	0.3277	0.2373	0.1681	0.1169	0.0778	0.0503	0.0312
5	1	0.9774	0.9185	0.8652	0.8173	0.7748	0.7369	0.7028	0.6720	0.6445	0.6200
5	2	0.9988	0.9911	0.9734	0.9421	0.9065	0.8669	0.8238	0.7778	0.7285	0.6765
5	3	1.0000	0.9995	0.9978	0.9833	0.9644	0.9419	0.9160	0.8870	0.8548	0.8195
5	4	1.0000	1.0000	0.9999	0.9997	0.9990	0.9976	0.9947	0.9898	0.9815	0.9698
6	0	0.7351	0.5314	0.3771	0.2621	0.1780	0.1176	0.0751	0.0467	0.0277	0.0156
6	1	0.9672	0.8857	0.7765	0.6551	0.5339	0.4202	0.3191	0.2333	0.1606	0.1091
6	2	0.9978	0.9842	0.9527	0.9011	0.8306	0.7443	0.6471	0.5443	0.4415	0.3438
6	3	0.9999	0.9987	0.9911	0.9830	0.9624	0.9295	0.8826	0.8208	0.7447	0.6562
6	4	1.0000	0.9999	0.9996	0.9981	0.9954	0.9911	0.9777	0.9590	0.9308	0.8906
6	5	1.0000	1.0000	1.0000	0.9999	0.9998	0.9993	0.9982	0.9959	0.9917	0.9811
7	0	0.6983	0.4783	0.3206	0.2067	0.1335	0.0824	0.0490	0.0280	0.0152	0.0078
7	1	0.9556	0.8503	0.7166	0.5767	0.4419	0.3294	0.2338	0.1586	0.1024	0.0625
7	2	0.9942	0.9743	0.9262	0.8520	0.7564	0.6471	0.5223	0.3999	0.2814	0.1766
7	3	0.9998	0.9973	0.9879	0.9667	0.9294	0.8740	0.8002	0.7102	0.6083	0.5000
7	4	1.0000	0.9998	0.9988	0.9953	0.9871	0.9712	0.9444	0.9047	0.8471	0.7731
7	5	1.0000	1.0000	0.9999	0.9996	0.9987	0.9962	0.9910	0.9812	0.9643	0.9375
7	6	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9999	0.9998	0.9994	0.9984	0.9963	0.9922
8	0	0.6634	0.4305	0.2725	0.1678	0.1001	0.0576	0.0319	0.0168	0.0084	0.0039
8	1	0.9428	0.8131	0.6572	0.5033	0.3671	0.2553	0.1691	0.1064	0.0632	0.0352
8	2	0.9942	0.9619	0.8948	0.7969	0.6785	0.5518	0.4278	0.3154	0.2201	0.1445
8	3	0.9996	0.9950	0.9786	0.9437	0.8862	0.8059	0.7064	0.5911	0.4770	0.3633
8	4	1.0000	0.9996	0.9971	0.9896	0.9727	0.9420	0.8939	0.8263	0.7396	0.6367
8	5	1.0000	1.0000	0.9998	0.9988	0.9958	0.9887	0.9747	0.9502	0.9115	0.8555
8	6	1.0000	1.0000	1.0000	0.9999	0.9990	0.9987	0.9964	0.9915	0.9819	0.9648
8	7	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9999	0.9998	0.9993	0.9983	0.9961
9	0	0.6302	0.3874	0.2316	0.1342	0.0751	0.0404	0.0207	0.0101	0.0046	0.0020
9	1	0.9288	0.7748	0.5995	0.4362	0.3003	0.1960	0.1211	0.0705	0.0385	0.0195
9	2	0.9916	0.9470	0.8591	0.7382	0.6007	0.4628	0.3373	0.2318	0.1495	0.0898
9	3	0.9994	0.9917	0.9861	0.9144	0.8343	0.7297	0.6089	0.4820	0.3614	0.2539
9	4	1.0000	0.9991	0.9944	0.9804	0.9511	0.9012	0.8283	0.7334	0.6214	0.5000
9	5	1.0000	0.9999	0.9994	0.9969	0.9900	0.9747	0.9464	0.9006	0.8342	0.7461
9	6	1.0000	1.0000	1.0000	0.9997	0.9987	0.9957	0.9888	0.9750	0.9502	0.9102
9	7	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9999	0.9996	0.9986	0.9962	0.9909	0.9805
9	8	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9999	0.9997	0.9992	0.9980

TABLAS DE ESTADISTICA

Tabla I
 FUNCION DE DISTRIBUCION BINOMIAL (Continúa)

n	x	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
10	0	0.5987	0.3487	0.1969	0.1074	0.0563	0.0282	0.0135	0.0060	0.0025	0.0010
	1	0.9139	0.7361	0.5443	0.3758	0.2440	0.1493	0.0860	0.0464	0.0232	0.0107
	2	0.9885	0.9298	0.8202	0.6778	0.5256	0.3828	0.2616	0.1673	0.0996	0.0547
	3	0.9990	0.9872	0.9500	0.8791	0.7759	0.6490	0.5138	0.3823	0.2660	0.1719
	4	0.9999	0.9984	0.9901	0.9672	0.9219	0.8497	0.7515	0.6331	0.5044	0.3770
	5	1.0000	0.9999	0.9986	0.9936	0.9803	0.9527	0.9051	0.8338	0.7384	0.6230
	6	1.0000	1.0000	0.9999	0.9991	0.9965	0.9894	0.9740	0.9452	0.8980	0.8281
	7	1.0000	1.0000	1.0000	0.9999	0.9990	0.9981	0.9952	0.9877	0.9720	0.9453
	8	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9999	0.9995	0.9983	0.9955	0.9893
	9	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9999	0.9997	0.9990
11	0	0.5088	0.3138	0.1673	0.0859	0.0422	0.0198	0.0088	0.0036	0.0014	0.0005
	1	0.8981	0.6974	0.4922	0.3221	0.1971	0.1130	0.0606	0.0302	0.0139	0.0059
	2	0.9848	0.9104	0.7788	0.6174	0.4652	0.3127	0.2001	0.1189	0.0652	0.0327
	3	0.9984	0.9815	0.9306	0.8389	0.7133	0.5696	0.4256	0.2903	0.1911	0.1133
	4	0.9999	0.9972	0.9841	0.9496	0.8854	0.7897	0.6683	0.5328	0.3971	0.2744
	5	1.0000	0.9997	0.9973	0.9883	0.9657	0.9218	0.8513	0.7535	0.6331	0.5000
	6	1.0000	1.0000	0.9997	0.9980	0.9924	0.9784	0.9499	0.9000	0.8262	0.7256
	7	1.0000	1.0000	1.0000	0.9998	0.9988	0.9957	0.9878	0.9707	0.9390	0.8867
	8	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9999	0.9994	0.9990	0.9941	0.9852	0.9673
	9	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9998	0.9993	0.9978	0.9941
	10	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9998	0.9995
12	0	0.5404	0.2824	0.1422	0.0687	0.0317	0.0138	0.0057	0.0022	0.0008	0.0002
	1	0.8816	0.6590	0.4435	0.2749	0.1584	0.0850	0.0424	0.0190	0.0083	0.0032
	2	0.9804	0.8891	0.7358	0.5583	0.3907	0.2528	0.1513	0.0834	0.0421	0.0193
	3	0.9978	0.9744	0.9078	0.7946	0.6488	0.4925	0.3467	0.2253	0.1345	0.0730
	4	0.9998	0.9957	0.9761	0.9274	0.8424	0.7237	0.5833	0.4382	0.3044	0.1938
	5	1.0000	0.9995	0.9954	0.9806	0.9456	0.8822	0.7873	0.6652	0.5269	0.3872
	6	1.0000	0.9999	0.9993	0.9961	0.9857	0.9614	0.9154	0.8418	0.7393	0.6128
	7	1.0000	1.0000	0.9999	0.9994	0.9972	0.9905	0.9745	0.9427	0.8883	0.8062
	8	1.0000	1.0000	1.0000	0.9999	0.9996	0.9983	0.9944	0.9847	0.9644	0.9270
	9	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9998	0.9992	0.9972	0.9921	0.9807
	10	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9999	0.9997	0.9989	0.9968
	11	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9999	0.9998
13	0	0.5133	0.2542	0.1209	0.0550	0.0238	0.0097	0.0037	0.0013	0.0004	0.0001
	1	0.8646	0.6213	0.3983	0.2336	0.1267	0.0637	0.0296	0.0126	0.0049	0.0017
	2	0.9755	0.8661	0.6920	0.5017	0.3326	0.2025	0.1132	0.0579	0.0269	0.0112
	3	0.9969	0.9658	0.8820	0.7473	0.5843	0.4206	0.2783	0.1686	0.0929	0.0461
	4	0.9997	0.9935	0.9658	0.9009	0.7940	0.6543	0.5005	0.3530	0.2279	0.1334
	5	1.0000	0.9991	0.9925	0.9700	0.9198	0.8346	0.7159	0.5744	0.4268	0.2905
	6	1.0000	0.9999	0.9987	0.9930	0.9757	0.9376	0.8705	0.7712	0.6437	0.5000
	7	1.0000	1.0000	0.9998	0.9988	0.9944	0.9818	0.9538	0.9023	0.8212	0.7095
	8	1.0000	1.0000	1.0000	0.9998	0.9990	0.9960	0.9874	0.9679	0.9302	0.8666
	9	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9999	0.9993	0.9975	0.9922	0.9797	0.9539
	10	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9999	0.9997	0.9987	0.9959	0.9888
	11	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9999	0.9995	0.9984
	12	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9999
14	0	0.4877	0.2288	0.1028	0.0440	0.0178	0.0068	0.0024	0.0008	0.0002	0.0001
	1	0.8470	0.5840	0.3567	0.1979	0.1010	0.0475	0.0215	0.0081	0.0029	0.0009

Tabla I
 FUNCION DE DISTRIBUCION BINOMIAL (Continúa)

<i>n</i>	<i>x</i>	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
14	2	0.9689	0.8416	0.6479	0.4181	0.2811	0.1608	0.0839	0.0398	0.0170	0.0065
14	3	0.9958	0.9559	0.8535	0.6982	0.5213	0.3552	0.2205	0.1243	0.0632	0.0287
14	4	0.9996	0.9908	0.9533	0.8702	0.7415	0.5842	0.4227	0.2793	0.1672	0.0898
14	5	1.0000	0.9985	0.9885	0.9561	0.8883	0.7805	0.6405	0.4859	0.3373	0.2120
14	6	1.0000	0.9998	0.9978	0.9884	0.9617	0.9067	0.8164	0.6925	0.5461	0.3953
14	7	1.0000	1.0000	0.9997	0.9976	0.9897	0.9685	0.9247	0.8499	0.7414	0.6047
14	8	1.0000	1.0000	1.0000	0.9996	0.9978	0.9917	0.9757	0.9417	0.8811	0.7880
14	9	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9997	0.9983	0.9940	0.9825	0.9574	0.9102
14	10	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9998	0.9989	0.9961	0.9886	0.9713
14	11	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9999	0.9994	0.9978	0.9935
14	12	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9999	0.9997	0.9991
14	13	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9999
15	0	0.4633	0.2050	0.0874	0.0352	0.0134	0.0047	0.0016	0.0005	0.0001	0.0000
15	1	0.8290	0.5490	0.3186	0.1671	0.0802	0.0353	0.0142	0.0052	0.0017	0.0005
15	2	0.9638	0.8159	0.6012	0.3980	0.2361	0.1268	0.0617	0.0271	0.0107	0.0037
15	3	0.9945	0.9444	0.8227	0.6182	0.4613	0.2969	0.1727	0.0905	0.0424	0.0176
15	4	0.9994	0.9873	0.9383	0.8358	0.6865	0.5155	0.3519	0.2173	0.1204	0.0592
15	5	0.9999	0.9978	0.9832	0.9389	0.8516	0.7216	0.5643	0.4032	0.2608	0.1509
15	6	1.0000	0.9997	0.9964	0.9819	0.9334	0.8689	0.7518	0.6098	0.4522	0.3038
15	7	1.0000	1.0000	0.9996	0.9958	0.9827	0.9500	0.8968	0.7869	0.6535	0.5000
15	8	1.0000	1.0000	0.9999	0.9992	0.9958	0.9848	0.9578	0.9050	0.8182	0.6964
15	9	1.0000	1.0000	1.0000	0.9999	0.9992	0.9963	0.9876	0.9662	0.9231	0.8491
15	10	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9999	0.9993	0.9972	0.9907	0.9745	0.9408
15	11	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9999	0.9995	0.9981	0.9937	0.9824
15	12	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9999	0.9997	0.9989	0.9963
15	13	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9999	0.9995
15	14	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
16	0	0.4401	0.1853	0.0713	0.0281	0.0100	0.0033	0.0010	0.0003	0.0001	0.0000
16	1	0.8108	0.5117	0.2839	0.1407	0.0635	0.0261	0.0098	0.0033	0.0010	0.0003
16	2	0.9571	0.7892	0.5614	0.3518	0.1971	0.0994	0.0451	0.0183	0.0068	0.0021
16	3	0.9880	0.8316	0.7809	0.5981	0.4050	0.2459	0.1339	0.0651	0.0261	0.0106
16	4	0.9991	0.9880	0.9209	0.7982	0.6302	0.4499	0.2892	0.1666	0.0853	0.0384
16	5	0.9999	0.9967	0.9765	0.9183	0.8103	0.6598	0.4900	0.3288	0.1976	0.1051
16	6	1.0000	0.9995	0.9914	0.9733	0.9204	0.8247	0.6884	0.5272	0.3660	0.2272
16	7	1.0000	0.9999	0.9989	0.9940	0.9739	0.9256	0.8406	0.7161	0.5629	0.4018
16	8	1.0000	1.0000	0.9998	0.9985	0.9925	0.9743	0.9329	0.8577	0.7441	0.5982
16	9	1.0000	1.0000	1.0000	0.9998	0.9984	0.9929	0.9771	0.9417	0.8759	0.7728
16	10	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9997	0.9984	0.9933	0.9809	0.9514	0.8949
16	11	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9997	0.9987	0.9951	0.9851	0.9616
16	12	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9998	0.9991	0.9965	0.9894
16	13	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9999	0.9994	0.9979
16	14	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9997
16	15	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
17	0	0.4181	0.1668	0.0631	0.0225	0.0075	0.0025	0.0007	0.0002	0.0001	0.0000
17	1	0.7922	0.4818	0.2525	0.1182	0.0501	0.0211	0.0087	0.0021	0.0006	0.0001
17	2	0.9497	0.7618	0.5198	0.3096	0.1647	0.0771	0.0327	0.0123	0.0041	0.0012
17	3	0.9912	0.9174	0.7579	0.5489	0.3530	0.2019	0.1028	0.0464	0.0184	0.0064
17	4	0.9988	0.9779	0.9013	0.7582	0.5739	0.3887	0.2318	0.1240	0.0536	0.0215

TABLAS DE ESTADISTICA

Tabla II
 FUNCION DE LA DISTRIBUCION DE POISSON*

$$F(x; \lambda) = \sum_{k=0}^x e^{-\lambda} \frac{\lambda^k}{k!}$$

$\lambda \backslash x$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.02	0.980	1.000								
0.04	0.961	0.999	1.000							
0.06	0.942	0.998	1.000							
0.08	0.923	0.997	1.000							
0.10	0.905	0.995	1.000							
0.15	0.861	0.990	0.999	1.000						
0.20	0.819	0.982	0.999	1.000						
0.25	0.779	0.974	0.998	1.000						
0.30	0.741	0.963	0.996	1.000						
0.35	0.705	0.951	0.994	1.000						
0.40	0.670	0.938	0.992	0.999	1.000					
0.45	0.638	0.925	0.989	0.999	1.000					
0.50	0.607	0.910	0.986	0.998	1.000					
0.55	0.577	0.894	0.982	0.998	1.000					
0.60	0.549	0.878	0.977	0.997	1.000					
0.65	0.522	0.861	0.972	0.996	0.999	1.000				
0.70	0.497	0.844	0.966	0.994	0.999	1.000				
0.75	0.472	0.827	0.959	0.993	0.999	1.000				
0.80	0.449	0.809	0.953	0.991	0.999	1.000				
0.85	0.427	0.791	0.945	0.989	0.998	1.000				
0.90	0.407	0.772	0.937	0.987	0.998	1.000				
0.95	0.387	0.754	0.929	0.984	0.997	1.000				
1.00	0.368	0.736	0.920	0.981	0.996	0.999	1.000			
1.1	0.333	0.699	0.900	0.974	0.995	0.999	1.000			
1.2	0.301	0.663	0.879	0.966	0.992	0.998	1.000			
1.3	0.273	0.627	0.857	0.957	0.989	0.998	1.000			
1.4	0.247	0.592	0.833	0.946	0.986	0.997	0.999	1.000		
1.5	0.223	0.558	0.809	0.934	0.981	0.996	0.999	1.000		
1.6	0.202	0.525	0.783	0.921	0.976	0.994	0.999	1.000		
1.7	0.183	0.493	0.757	0.907	0.970	0.992	0.998	1.000		
1.8	0.165	0.463	0.731	0.891	0.964	0.990	0.997	0.999	1.000	
1.9	0.150	0.434	0.704	0.875	0.956	0.987	0.997	0.999	1.000	
2.0	0.135	0.406	0.677	0.857	0.947	0.983	0.995	0.999	1.000	

* Con autorización de E.C. Molina, *Poisson's Exponential Binomial Limit*, D. Van Nostrand Company, Inc., Princeton, N.J., 1947.

TABLAS DE ESTADISTICA

Tabla II
 FUNCION DE LA DISTRIBUCION DE POISSON (Continúa)

$\lambda \backslash x$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2.2	0.111	0.355	0.623	0.819	0.928	0.975	0.993	0.998	1.000	
2.4	0.091	0.308	0.570	0.779	0.904	0.964	0.988	0.997	0.999	1.000
2.6	0.074	0.267	0.518	0.736	0.877	0.951	0.983	0.995	0.999	1.000
2.8	0.061	0.231	0.469	0.692	0.848	0.935	0.976	0.992	0.998	0.999
3.0	0.050	0.199	0.423	0.647	0.815	0.916	0.966	0.988	0.996	0.999
3.2	0.041	0.171	0.380	0.603	0.781	0.895	0.955	0.983	0.994	0.998
3.4	0.033	0.147	0.340	0.558	0.744	0.871	0.942	0.977	0.992	0.997
3.6	0.027	0.126	0.303	0.515	0.706	0.844	0.927	0.969	0.988	0.996
3.8	0.022	0.107	0.269	0.473	0.668	0.816	0.909	0.960	0.984	0.994
4.0	0.018	0.092	0.238	0.433	0.629	0.785	0.889	0.949	0.979	0.992
4.2	0.015	0.078	0.210	0.395	0.590	0.753	0.867	0.936	0.972	0.989
4.4	0.012	0.066	0.185	0.359	0.551	0.720	0.844	0.921	0.964	0.985
4.6	0.010	0.056	0.163	0.326	0.513	0.686	0.818	0.905	0.955	0.980
4.8	0.008	0.048	0.143	0.294	0.476	0.651	0.791	0.887	0.944	0.975
5.0	0.007	0.040	0.125	0.265	0.440	0.616	0.762	0.867	0.932	0.968
5.2	0.006	0.034	0.109	0.238	0.406	0.581	0.732	0.845	0.918	0.960
5.4	0.005	0.029	0.095	0.213	0.373	0.546	0.702	0.822	0.903	0.951
5.6	0.004	0.024	0.082	0.191	0.342	0.512	0.670	0.797	0.886	0.941
5.8	0.003	0.021	0.072	0.170	0.313	0.478	0.638	0.771	0.867	0.929
6.0	0.002	0.017	0.062	0.151	0.285	0.446	0.606	0.744	0.847	0.916
	10	11	12	13	14	15	16			
2.8	1.000									
3.0	1.000									
3.2	1.000									
3.4	0.999	1.000								
3.6	0.999	1.000								
3.8	0.998	0.999	1.000							
4.0	0.997	0.999	1.000							
4.2	0.996	0.999	1.000							
4.4	0.994	0.998	0.999	1.000						
4.6	0.992	0.997	0.999	1.000						
4.8	0.990	0.996	0.999	1.000						
5.0	0.986	0.995	0.998	0.999	1.000					
5.2	0.982	0.993	0.997	0.999	1.000					
5.4	0.977	0.990	0.996	0.999	1.000					
5.6	0.972	0.988	0.995	0.998	0.999	1.000				
5.8	0.965	0.984	0.993	0.997	0.999	1.000				
6.0	0.957	0.980	0.991	0.996	0.999	0.999	1.000			

TABLAS DE ESTADISTICA

Tabla II

FUNCION DE LA DISTRIBUCION DE POISSON (Continúa)

$\lambda \backslash x$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
6.2	0.002	0.015	0.054	0.134	0.259	0.414	0.574	0.716	0.826	0.902
6.4	0.002	0.012	0.046	0.119	0.235	0.384	0.542	0.687	0.803	0.886
6.6	0.001	0.010	0.040	0.105	0.213	0.355	0.511	0.658	0.780	0.869
6.8	0.001	0.009	0.034	0.093	0.192	0.327	0.480	0.628	0.755	0.850
7.0	0.001	0.007	0.030	0.082	0.173	0.301	0.450	0.599	0.729	0.830
7.2	0.001	0.006	0.025	0.072	0.156	0.276	0.420	0.569	0.703	0.810
7.4	0.001	0.005	0.022	0.063	0.140	0.253	0.392	0.539	0.676	0.788
7.6	0.001	0.004	0.019	0.055	0.125	0.231	0.365	0.510	0.648	0.766
7.8	0.000	0.004	0.016	0.048	0.112	0.210	0.338	0.481	0.620	0.741
8.0	0.000	0.003	0.014	0.042	0.100	0.191	0.313	0.453	0.593	0.717
8.5	0.000	0.002	0.009	0.030	0.074	0.150	0.256	0.386	0.523	0.653
9.0	0.000	0.001	0.006	0.021	0.055	0.116	0.207	0.324	0.456	0.587
9.5	0.000	0.001	0.004	0.015	0.040	0.089	0.165	0.269	0.392	0.522
10.0	0.000	0.000	0.003	0.010	0.029	0.067	0.130	0.220	0.333	0.458
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
6.2	0.949	0.975	0.989	0.995	0.998	0.999	1.000			
6.4	0.939	0.969	0.986	0.994	0.997	0.999	1.000			
6.6	0.927	0.963	0.982	0.992	0.997	0.999	0.999	1.000		
6.8	0.915	0.955	0.978	0.990	0.996	0.998	0.999	1.000		
7.0	0.901	0.947	0.973	0.987	0.994	0.998	0.999	1.000		
7.2	0.887	0.937	0.967	0.984	0.993	0.997	0.999	0.999	1.000	
7.4	0.871	0.926	0.961	0.980	0.991	0.996	0.998	0.999	1.000	
7.6	0.854	0.915	0.954	0.976	0.989	0.995	0.998	0.999	1.000	
7.8	0.835	0.902	0.945	0.971	0.986	0.993	0.997	0.999	1.000	
8.0	0.816	0.886	0.936	0.966	0.983	0.992	0.996	0.998	0.999	1.000
8.5	0.763	0.849	0.909	0.949	0.973	0.986	0.993	0.997	0.999	0.999
9.0	0.706	0.803	0.876	0.926	0.959	0.978	0.989	0.995	0.998	0.999
9.5	0.645	0.752	0.836	0.898	0.940	0.967	0.982	0.991	0.996	0.998
10.0	0.583	0.697	0.792	0.864	0.917	0.951	0.973	0.986	0.993	0.997
	20	21	22							
8.5	1.000									
9.0	1.000									
9.5	0.999	1.000								
10.0	0.998	0.999	1.000							

TABLAS DE ESTADISTICA

Tabla II
 FUNCION DE LA DISTRIBUCION DE POISSON (Continúa)

$\lambda \backslash z$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10.5	0.000	0.000	0.002	0.007	0.021	0.050	0.102	0.179	0.279	0.397
11.0	0.000	0.000	0.001	0.005	0.015	0.038	0.079	0.143	0.232	0.341
11.5	0.000	0.000	0.001	0.003	0.011	0.028	0.060	0.114	0.191	0.289
12.0	0.000	0.000	0.001	0.002	0.008	0.020	0.046	0.090	0.155	0.242
12.5	0.000	0.000	0.000	0.002	0.005	0.015	0.035	0.070	0.125	0.201
13.0	0.000	0.000	0.000	0.001	0.004	0.011	0.026	0.054	0.100	0.166
13.5	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.008	0.019	0.041	0.079	0.135
14.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.006	0.014	0.032	0.062	0.109
14.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.004	0.010	0.024	0.048	0.088
15.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.008	0.018	0.037	0.070
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
10.5	0.521	0.639	0.742	0.825	0.888	0.932	0.960	0.978	0.988	0.994
11.0	0.460	0.579	0.689	0.781	0.854	0.907	0.944	0.968	0.982	0.991
11.5	0.402	0.520	0.633	0.733	0.815	0.878	0.924	0.954	0.974	0.986
12.0	0.347	0.462	0.576	0.682	0.772	0.844	0.899	0.937	0.963	0.979
12.5	0.297	0.406	0.519	0.628	0.725	0.806	0.869	0.916	0.948	0.969
13.0	0.252	0.353	0.463	0.573	0.675	0.764	0.835	0.890	0.930	0.957
13.5	0.211	0.304	0.409	0.518	0.623	0.718	0.798	0.861	0.908	0.942
14.0	0.176	0.260	0.358	0.464	0.570	0.669	0.756	0.827	0.883	0.923
14.5	0.145	0.220	0.311	0.413	0.518	0.619	0.711	0.790	0.853	0.901
15.0	0.118	0.185	0.268	0.363	0.466	0.568	0.664	0.749	0.819	0.875
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
10.5	0.997	0.999	0.999	1.000						
11.0	0.995	0.998	0.999	1.000						
11.5	0.992	0.996	0.998	0.999	1.000					
12.0	0.988	0.994	0.997	0.999	0.999	1.000				
12.5	0.983	0.991	0.995	0.998	0.999	0.999	1.000			
13.0	0.975	0.986	0.992	0.996	0.998	0.999	1.000			
13.5	0.965	0.980	0.989	0.994	0.997	0.998	0.999	1.000		
14.0	0.952	0.971	0.983	0.991	0.995	0.997	0.999	0.999	1.000	
14.5	0.936	0.960	0.976	0.986	0.992	0.996	0.998	0.999	0.999	1.000
15.0	0.917	0.947	0.967	0.981	0.989	0.994	0.997	0.998	0.999	1.000

TABLAS DE ESTADISTICA

Tabla II
 FUNCION DE LA DISTRIBUCION DE POISSON (Continúa)

$\lambda \backslash x$	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
16	0.000	0.001	0.004	0.010	0.022	0.043	0.077	0.127	0.193	0.275
17	0.000	0.001	0.002	0.005	0.013	0.026	0.049	0.085	0.135	0.201
18	0.000	0.000	0.001	0.003	0.007	0.015	0.030	0.055	0.092	0.143
19	0.000	0.000	0.001	0.002	0.004	0.009	0.018	0.035	0.061	0.098
20	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.005	0.011	0.021	0.039	0.066
21	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.006	0.013	0.025	0.043
22	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.004	0.008	0.015	0.028
23	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.004	0.009	0.017
24	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.005	0.011
25	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.003	0.006
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
16	0.368	0.467	0.566	0.659	0.742	0.812	0.868	0.911	0.942	0.963
17	0.281	0.371	0.468	0.564	0.655	0.736	0.805	0.861	0.905	0.937
18	0.208	0.287	0.375	0.469	0.562	0.651	0.731	0.799	0.855	0.899
19	0.150	0.215	0.292	0.378	0.469	0.561	0.647	0.725	0.793	0.849
20	0.105	0.157	0.221	0.297	0.381	0.470	0.559	0.644	0.721	0.787
21	0.072	0.111	0.163	0.227	0.302	0.384	0.471	0.558	0.640	0.716
22	0.048	0.077	0.117	0.169	0.232	0.306	0.387	0.472	0.556	0.637
23	0.031	0.052	0.082	0.123	0.175	0.238	0.310	0.389	0.472	0.555
24	0.020	0.034	0.056	0.087	0.128	0.180	0.243	0.314	0.392	0.473
25	0.012	0.022	0.038	0.060	0.092	0.134	0.185	0.247	0.318	0.394
	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
16	0.978	0.987	0.993	0.996	0.998	0.999	0.999	1.000		
17	0.959	0.975	0.985	0.991	0.995	0.997	0.999	0.999	1.000	
18	0.932	0.955	0.972	0.983	0.990	0.994	0.997	0.998	0.999	1.000
19	0.893	0.927	0.951	0.969	0.980	0.988	0.993	0.996	0.998	0.999
20	0.843	0.888	0.922	0.948	0.966	0.978	0.987	0.992	0.995	0.997
21	0.782	0.838	0.883	0.917	0.944	0.963	0.976	0.985	0.991	0.994
22	0.712	0.777	0.832	0.877	0.913	0.940	0.959	0.973	0.983	0.989
23	0.635	0.708	0.772	0.827	0.873	0.908	0.936	0.956	0.971	0.981
24	0.554	0.632	0.704	0.768	0.823	0.868	0.904	0.932	0.953	0.969
25	0.473	0.553	0.629	0.700	0.763	0.818	0.863	0.900	0.929	0.950
	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
19	0.999	1.000								
20	0.999	0.999	1.000							
21	0.997	0.998	0.999	0.999	1.000					
22	0.994	0.996	0.998	0.999	0.999	1.000				
23	0.988	0.993	0.996	0.997	0.999	0.999	1.000			
24	0.979	0.987	0.992	0.995	0.997	0.998	0.999	0.999	1.000	
25	0.966	0.978	0.985	0.991	0.994	0.997	0.998	0.999	0.999	1.000

TABLAS DE ESTADISTICA

Tabla IV
VALORES DE t_{α} *

ν	$\alpha = 0.10$	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.025$	$\alpha = 0.01$	$\alpha = 0.005$	ν
1	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	1
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	2
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	3
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	4
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	5
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	6
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	7
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	8
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	9
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	10
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	11
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	12
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	13
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	14
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	15
16	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	16
17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	17
18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	18
19	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	19
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	20
21	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	21
22	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	22
23	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	23
24	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	24
25	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	25
26	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	26
27	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	27
28	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	28
29	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	29
inf.	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	inf.

* Esta tabla es una abreviación de la tabla IV de R. A. Fisher, *Statistical Methods for Research Workers*, publicado por Oliver y Boyd, Ltd., Edinburgh, con autorización del autor y los editores.

Tabla V
VALORES DE χ^2_{α}

ν	$\alpha = 0.995$	$\alpha = 0.99$	$\alpha = 0.975$	$\alpha = 0.95$	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.025$	$\alpha = 0.01$	$\alpha = 0.005$
1	0.0000393	0.000157	0.000982	0.00393	3.841	5.024	6.635	7.879
2	0.0100	0.0201	0.0506	0.103	5.991	7.378	9.210	10.597
3	0.0717	0.115	0.216	0.352	7.815	9.348	11.345	12.838
4	0.207	0.297	0.484	0.711	9.488	11.143	13.277	14.860
5	0.412	0.554	0.831	1.145	11.070	12.832	15.086	16.750
6	0.676	0.872	1.237	1.635	12.592	14.449	16.812	18.548
7	0.989	1.239	1.690	2.167	14.067	16.013	18.475	20.278
8	1.344	1.646	2.180	2.733	15.507	17.535	20.090	21.955
9	1.735	2.088	2.700	3.325	16.919	19.023	21.066	23.589
10	2.156	2.558	3.247	3.940	18.307	20.483	23.209	25.188
11	2.603	3.053	3.816	4.575	19.675	21.920	24.725	26.757
12	3.074	3.571	4.404	5.226	21.026	23.337	26.217	28.300
13	3.565	4.107	5.009	5.892	22.362	24.736	27.688	29.819
14	4.075	4.660	5.629	6.571	23.685	26.119	29.141	31.319
15	4.601	5.229	6.262	7.261	24.996	27.488	30.578	32.801
16	5.142	5.812	6.908	7.962	26.296	28.845	32.000	34.267
17	5.697	6.408	7.564	8.672	27.587	30.191	33.409	35.718
18	6.265	7.015	8.231	9.390	28.869	31.526	34.805	37.156
19	6.844	7.633	8.907	10.117	30.144	32.852	36.191	38.582
20	7.434	8.260	9.591	10.851	31.410	34.170	37.566	39.997
21	8.034	8.897	10.283	11.591	32.671	35.479	38.932	41.401
22	8.643	9.542	10.982	12.338	33.924	36.781	40.289	42.796
23	9.260	10.196	11.689	13.091	35.172	38.076	41.638	44.181
24	9.886	10.856	12.401	13.848	36.415	39.364	42.980	45.558
25	10.520	11.524	13.120	14.611	37.652	40.646	44.314	46.928
26	11.160	12.198	13.844	15.379	38.885	41.923	45.642	48.290
27	11.808	12.879	14.573	16.151	40.113	43.194	46.963	49.645
28	12.461	13.565	15.308	16.928	41.337	44.461	48.278	50.993
29	13.121	14.256	16.047	17.708	42.557	45.722	49.588	52.336
30	13.787	14.963	16.791	18.493	43.773	46.979	50.892	53.672

* Esta tabla está basada en *Biometrika Tables for Statisticians*, Vol. I, con permiso de *Biometrika fideicomiso*.

TABLAS DE ESTADISTICA

Tabla VI (a)
VALORES DE $F_{.05}$ *

m = Grados de libertad para el denominador	n = Grados de libertad para el numerador																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞	
1	161	206	216	225	230	234	237	239	241	242	244	246	248	249	250	251	252	253	254	
2	18.70	19.00	19.20	19.30	19.30	19.30	19.40	19.40	19.40	19.40	19.40	19.40	19.40	19.50	19.50	19.50	19.50	19.50	19.50	
3	10.10	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55	8.53	
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66	5.63	
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40	4.37	
6	5.99	5.14	4.75	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67	
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23	
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93	
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75	2.71	
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54	
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45	2.40	
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34	2.30	
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25	2.21	
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18	2.13	
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11	2.07	
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06	2.01	
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01	1.96	
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.45	2.41	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97	1.92	
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93	1.88	
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84	
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87	1.81	
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.78	
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81	1.76	
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79	1.73	
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77	1.71	
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62	
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51	
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.26	2.17	2.10	2.04	1.99	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39	
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96	1.91	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.50	1.43	1.35	1.25	
∞	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.22	1.00	

* Reimpresión a M. Merrington y C. M. Thompson. "Tables of percentage of the inverted beta (F) distribution", Biometrics, Vol. 33 (1943).

Tabla VI (b)
VALORES DE F_{α} *

n = Grados de libertad para el denominador	m = Grados de libertad para el numerador																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	4.032	5.000	5.403	5.625	5.764	5.859	5.928	5.982	6.025	6.056	6.106	6.157	6.209	6.245	6.267	6.287	6.313	6.339	6.366
2	98.50	94.00	90.20	87.20	84.70	82.47	80.20	78.10	7.98	7.87	7.72	7.56	7.40	7.31	7.23	7.14	7.06	6.97	6.88
3	34.10	30.80	29.50	28.70	28.20	27.90	27.70	27.50	27.30	27.20	27.10	26.90	26.70	26.60	26.50	26.40	26.30	26.20	26.10
4	21.20	18.00	16.70	16.00	15.50	15.20	15.00	14.80	14.70	14.60	14.40	14.20	14.00	13.90	13.80	13.70	13.60	13.50	13.40
5	16.80	13.30	12.10	11.40	11.00	10.70	10.50	10.30	10.20	10.10	9.89	9.72	9.55	9.47	9.38	9.29	9.20	9.11	9.02
6	13.70	10.90	9.78	9.15	8.75	8.47	8.20	8.10	7.98	7.87	7.72	7.56	7.40	7.31	7.23	7.14	7.06	6.97	6.88
7	12.20	9.55	8.45	7.85	7.46	7.19	6.94	6.84	6.72	6.62	6.47	6.31	6.16	6.07	5.99	5.91	5.82	5.74	5.65
8	11.30	8.65	7.54	7.01	6.63	6.37	6.18	6.08	5.91	5.81	5.67	5.52	5.36	5.28	5.20	5.12	5.03	4.95	4.84
9	10.60	8.02	6.89	6.42	6.06	5.80	5.61	5.47	5.35	5.26	5.11	4.96	4.81	4.73	4.65	4.57	4.48	4.40	4.31
10	10.00	7.56	6.55	6.09	5.64	5.39	5.20	5.06	4.94	4.85	4.71	4.56	4.41	4.33	4.25	4.17	4.08	4.00	3.91
11	9.65	7.21	6.22	5.67	5.32	5.07	4.89	4.74	4.63	4.54	4.40	4.25	4.10	4.02	3.94	3.86	3.78	3.69	3.60
12	9.35	6.93	5.95	5.41	5.06	4.81	4.64	4.50	4.39	4.30	4.16	4.01	3.86	3.79	3.70	3.62	3.54	3.45	3.36
13	9.07	6.70	5.74	5.21	4.86	4.61	4.44	4.30	4.19	4.10	3.96	3.82	3.66	3.59	3.51	3.43	3.34	3.25	3.17
14	8.86	6.51	5.56	5.03	4.68	4.43	4.26	4.14	4.03	3.94	3.80	3.66	3.51	3.43	3.35	3.27	3.18	3.09	3.00
15	8.68	6.36	5.42	4.89	4.54	4.29	4.14	4.00	3.89	3.80	3.67	3.52	3.37	3.29	3.21	3.13	3.05	2.96	2.87
16	8.53	6.23	5.29	4.77	4.41	4.20	4.03	3.89	3.78	3.69	3.55	3.41	3.26	3.19	3.10	3.02	2.93	2.84	2.75
17	8.40	6.11	5.19	4.67	4.31	4.10	3.93	3.79	3.68	3.59	3.46	3.31	3.16	3.08	3.00	2.92	2.83	2.75	2.65
18	8.27	6.01	5.09	4.58	4.21	4.01	3.84	3.71	3.60	3.51	3.37	3.23	3.08	3.00	2.92	2.84	2.75	2.66	2.57
19	8.14	5.96	5.01	4.50	4.13	3.94	3.77	3.63	3.52	3.43	3.30	3.15	3.00	2.92	2.84	2.76	2.67	2.58	2.49
20	8.00	5.85	4.91	4.40	4.03	3.87	3.70	3.56	3.46	3.37	3.23	3.09	2.94	2.86	2.78	2.69	2.61	2.52	2.42
24	7.80	5.78	4.87	4.37	4.01	3.81	3.64	3.51	3.40	3.31	3.17	3.03	2.88	2.80	2.72	2.64	2.55	2.46	2.36
30	7.60	5.72	4.82	4.31	3.95	3.76	3.59	3.45	3.35	3.26	3.12	2.98	2.83	2.75	2.67	2.58	2.50	2.40	2.31
40	7.45	5.65	4.75	4.25	3.89	3.71	3.54	3.41	3.30	3.21	3.07	2.93	2.78	2.70	2.62	2.54	2.45	2.35	2.24
50	7.32	5.61	4.72	4.22	3.86	3.67	3.50	3.36	3.26	3.17	3.03	2.89	2.74	2.66	2.58	2.49	2.40	2.31	2.21
60	7.22	5.57	4.68	4.18	3.84	3.63	3.46	3.32	3.22	3.13	2.99	2.85	2.70	2.62	2.53	2.45	2.36	2.27	2.17
80	7.06	5.50	4.61	4.02	3.70	3.47	3.30	3.17	3.07	2.98	2.84	2.70	2.55	2.47	2.39	2.30	2.21	2.11	2.01
100	7.01	5.48	4.61	4.02	3.70	3.47	3.30	3.17	3.07	2.98	2.84	2.70	2.55	2.47	2.39	2.30	2.21	2.11	2.01
120	7.00	5.48	4.61	4.02	3.70	3.47	3.30	3.17	3.07	2.98	2.84	2.70	2.55	2.47	2.39	2.30	2.21	2.11	2.01
150	6.99	5.48	4.61	4.02	3.70	3.47	3.30	3.17	3.07	2.98	2.84	2.70	2.55	2.47	2.39	2.30	2.21	2.11	2.01
∞	6.99	5.48	4.61	4.02	3.70	3.47	3.30	3.17	3.07	2.98	2.84	2.70	2.55	2.47	2.39	2.30	2.21	2.11	2.01

* Reproducido a M. Merrington y C. M. Thompson, "Tables of percentage points of the inverted beta (F) distribution", *Biometrika*, Vol. 33 (1943)

TABLAS DE ESTADISTICA

Tab'la VII

CODIGO DE LETRAS PARA TAMANO DE LA MUESTRA DE MIL-STD-105 D

<i>Lote</i>			<i>Niveles de inspección general</i>		
			I	II	III
2	a	8	A	A	B
9	a	15	A	B	C
16	a	25	B	C	D
26	a	50	C	D	E
51	a	90	C	E	F
91	a	150	D	F	G
151	a	280	E	G	H
281	a	500	F	H	J
501	a	1,200	G	J	K
1,201	a	3,200	H	K	L
3,201	a	10,000	J	L	M
10,001	a	35,000	K	M	N
35,001	a	150,000	L	N	P
150,001	a	500,000	M	P	Q
500,001	y	superiores.	N	Q	R

CONTROL DE CALIDAD ESTADISTICO

TABLA C. FACTORES PARA DETERMINAR LOS LIMITES DE CONTROL DE 3 SIGMA A PARTIR DE \bar{R} PARA GRAFICAS \bar{X} Y R

Número de observaciones en el subgrupo n	Factor para la gráfica \bar{X} A_2	Factores para la gráfica R	
		Límite inferior de control D_3	Límite superior de control 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
16	0.21	0.36	1.64
17	0.20	0.38	1.62
18	0.19	0.39	1.61
19	0.19	0.40	1.60
20	0.18	0.41	1.59

Límite superior de control para $\bar{X} = LSC_{\bar{X}} = \bar{X} + A_2\bar{R}$

Límite inferior de control para $\bar{X} = LIC_{\bar{X}} = \bar{X} - A_2\bar{R}$

(Si se usa un valor intentado o estándar de \bar{X} en lugar de \bar{X} como línea central de la gráfica de control, \bar{X} deberá ser sustituida por \bar{X} en las fórmulas precedentes.)

Límite superior de control para R = $LSC_R = D_4\bar{R}$

Límite inferior de control para R = $LIC_R = D_3\bar{R}$

Todos los factores en la Tabla C están basados en la distribución normal.

TABLA D. FACTORES PARA DETERMINAR LOS LIMITES DE CONTROL DE 3 SIGMA PARA GRAFICAS DE \bar{X} Y σ A PARTIR DE σ

Número de observaciones en el subgrupo n	Factor para la gráfica \bar{X} A_1	Factores para la gráfica σ	
		Límite inferior de control B_3	Límite superior de control B_4
2	3.76	0	3.27
3	2.39	0	2.57
4	1.88	0	2.27
5	1.60	0	2.09
6	1.41	0.03	1.97
7	1.28	0.12	1.88
8	1.17	0.19	1.81
9	1.09	0.24	1.76
10	1.03	0.28	1.72
11	0.97	0.32	1.68
12	0.93	0.35	1.65
13	0.88	0.38	1.62
14	0.85	0.41	1.59
15	0.82	0.43	1.57
16	0.79	0.45	1.55
17	0.76	0.47	1.53
18	0.74	0.48	1.52
19	0.72	0.50	1.50
20	0.70	0.51	1.49
21	0.68	0.52	1.48
22	0.66	0.53	1.47
23	0.65	0.54	1.46
24	0.63	0.55	1.45
25	0.62	0.56	1.44
30	0.56	0.60	1.40
35	0.52	0.63	1.37
40	0.48	0.66	1.34
45	0.45	0.68	1.32
50	0.43	0.70	1.30
55	0.41	0.71	1.29
60	0.39	0.72	1.28
65	0.38	0.73	1.27
70	0.36	0.74	1.26
75	0.35	0.75	1.25
80	0.34	0.76	1.24
85	0.33	0.77	1.23
90	0.32	0.77	1.23
95	0.31	0.78	1.22
100	0.30	0.79	1.21

Límite superior de control para $\bar{X} = LSC_{\bar{X}} = \bar{X} + A_1\sigma$

Límite inferior de control para $\bar{X} = LIC_{\bar{X}} = \bar{X} - A_1\sigma$

(Si se usa un valor intentado o estándar \bar{X}' en lugar de \bar{X} como línea central de la gráfica de control, \bar{X}' deberá ser sustituida por \bar{X} en las fórmulas precedentes.)

Límite superior de control para $\sigma = LSC_{\sigma} = B_4\sigma$

Límite inferior de control para $\sigma = LIC_{\sigma} = B_3\sigma$

Todos los factores en la Tabla D están basados en la distribución normal.

B I B L I O G R A F I A

- CONTROL DE CALIDAD ESTADISTICO
Eugene L. Grant C.E.C.S.A. 1974
- CONTROL TOTAL DE LA CALIDAD
A. V. Feigenbaum C.E.C.S.A. 1974
- QUALITY CONTROL HANDBOOK
Juran J. M. MCGRAW-HILL 1962
- QUALITY CONTROL: THEORY AND APPLICATIONS
Hansen B. L. PRENTICE-HALL 1963
- PROBABILIDAD Y ESTADISTICA PARA INGENIEROS
Irwin Miller
John E. Freund REVERTE 1973
- ESTADISTICA
Schaum MCGRAW-HILL 1969
- PROCESOS DE FABRICACION
Myron L. Begeman
B. H. Amstead C.E.C.S.A. 1972
- MANUAL DE INGENIERIA DE LA PRODUCCION INDUSTRIAL
H. B. Maynard REVERTE
- APUNTES DE CONTROL DE CALIDAD DE LA AMERICAN SOCIETY FOR -
QUALITY CONTROL.
- CONTROL DE LA PRODUCCION.

James H. Greene.

MANUAL DE LA PRODUCCION
Alford y Bangs

UTEHA

1969

