



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

DIPLOMADO EN INGENIERIA DE PRODUCCION

MODULO: I DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCION

DEL 4 AL 14 DE SEPTIEMBRE DEL 2000

1. PRODUCTIVIDAD

CONCEPTO
MEDICION
FACTORES QUE LE AFECTAN

2. METODOS Y PROCEDIMIENTO

REGISTROS
ANALISIS
MEJORA DE PROCESOS

3. MEJORA CONTINUA

PROCESOS
METODOLOGIA

4. REINGENIERIA

OBJETIVOS
METODOLOGIA
FILOSOFIA
REDISEÑO DE PROCESOS
HERRAMIENTAS DE APOYO

5. DISTRIBUCION DE PLANTA

METODOS
ANALISIS
ARREGLO DE MATERIALES
APLICACIONES

6. TECNOLOGIA DE GRUPOS

CARACTERISTICAS
SISTEMAS DE CODIFICACION
APLICACIONES



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN

MODULO I: DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

TEMA

PRODUCTIVIDAD

**EXPOSITOR: M. en I. LOURDES ARELLANO BOLIO
PALACIO DE MINERIA
SEPTIEMBRE DEL 2000**

PRODUCTIVIDAD

La Secretaría de Trabajo y Previsión Social a través de la Dirección General de Capacitación y Productividad y también de la Dirección de Promoción de la Productividad emitió una definición para que fuese manejada tanto por representantes del Sector Público, del Privado y del Social. Como resultado de este consenso, se presenta la definición de productividad:

"Es la capacidad de la sociedad para utilizar en forma racional y óptima los recursos de que dispone: humanos, naturales, financieros, científicos y tecnológicos; retribuyendo equitativamente a los factores que intervienen en la generación de la producción, para proporcionar los bienes y servicios que satisfacen las necesidades materiales educativas y culturales de sus integrantes, de manera que mejore cuantitativamente y cualitativamente el bienestar social y económico de dicha sociedad.

Los beneficios deben ser retribuidos equitativamente entre utilidad, salarios e impuestos y deben significar mejores precios al consumidor".

A continuación se presentan algunas definiciones adicionales o complementarias:

1.- "El concepto de productividad está asociado a la relación entre producto y factores, es decir la relación entre el producto obtenido por unidad del factor o factores utilizados para lograrla"

FUENTE: Hernández Laos, E. EVOLUCION DE LA PRODUCTIVIDAD DE LOS FACTORES EN MEXICO, Ediciones Productividad, México, 1973.

2.- "La productividad es la relación que existe entre las cantidades de bienes producidos y las cantidades de recursos utilizados en la producción"

FUENTE: Oakley, Stan. ABC OF WORK STUDY, Pitman Publishing, 1973.

3 - "La productividad es la relación cuantitativa entre lo que producimos y los recursos utilizados"

FUENTE: Russel Mackenzick, Currie. ANALISIS Y MEDICION DEL TRABAJO, Diana, México, 1979.

4.- "La productividad se define como la relación que existe entre la meta lograda y los recursos gastados con este fin"

FUENTE: Klein, A.W. LA MEDICION DE LA PRODUCTIVIDAD Y COMPARACION ENTRE EMPRESAS, Arte, Venezuela, 1965.

5 - "La productividad es la cantidad de productos obtenidos por unidad de recurso productor utilizado durante una unidad de tiempo"

FUENTE. Organización Internacional del Trabajo. METODOS PARA LAS ESTADISTICAS DE LA PRODUCTIVIDAD DEL TRABAJO, OIT, México, 1975.

6.- "La productividad es una serie de sistemas o implementos que se tienen para el control de la producción, para lo cual es necesario utilizar parámetros que midan el avance de la producción en la Empresa, así como la óptima utilización de los recursos"

FUENTE: Encuesta aplicada en Norkin, S.A.

7.- "Las productividades, la eficientización, la optimización del uso de los recursos humanos y materiales disponibles"

FUENTE: Encuesta aplicada en la Industria H-24, S.A. de C.V.

8.- "La productividad es el nivel de aprovechamiento que de todos los recursos disponibles en la empresa haga un trabajador o empleado"

FUENTE: Encuesta aplicada en Helena Rubenstein S.A.

9.- "La productividad es cualquier actividad realizada con calidad, oportunidad, costo y cantidad"

FUENTE: Encuesta aplicada a Provedora Satélite S.A. de C.V.

10.- "La productividad es el aprovechamiento al máximo de los recursos materiales y personales de la fábrica"

FUENTE: Encuesta aplicada en el Grupo Suntory, S.A.

11.- "La productividad es el aprovechamiento máximo de los recursos físicos para la producción de un bien o servicio, es decir, ahorrar recursos, producir con un mínimo de costos"

FUENTE: Encuesta aplicada en Tijeras Barrilito, S.A.

12.- "La productividad es la cantidad de una producción originada por uno de los factores de la producción"

FUENTE: Secretaría del Trabajo y Previsión Social, SINOPSIS DE PRODUCTIVIDAD, Editorial Popular de los Trabajadores, México. 1980.

13.- "La productividad es un indicador de la utilización de recursos medidos en términos físicos en función de un estándar"

FUENTE: Ensayos varios.

Para efectos de este curso, emplearemos la siguiente definición:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción}}{\text{Servicios empleados en su obtención}}$$

Existe productividad de los siguientes factores:

- a) de la tierra,
- b) servicios del hombre,
- c) maquinaria, equipo e instalaciones.
- d) de los materiales,
- e) del dinero, etc.

Ejemplo:

10 ton/1 ha = 10; ↑12 ton/1 ha = 12; ↑10 ton/0.75 ha = 13.3

Se incrementa la productividad al aumentar el numerador, reducir el denominador o al cumplir ambos requerimientos, es decir:

**Hago más con lo mismo.
Hago lo mismo con menos.
Hago más con menos.**

¿Cómo aumentar el numerador?

- Modificando el catálogo de producción;
- Utilizando los subproductos o desperdicios;
- Evitando rechazos y devoluciones;
- Evitando la pérdida de ventas.

¿Cómo reducir el denominador?

- a) En cuanto a suministros
 - Evitando desperdicios,
 - Evitando el mal uso de materiales.
- b) En cuanto a fuerza de trabajo
 - Evitando tiempos ociosos;
 - Suprimiendo maniobras innecesarias;
 - Evitando el mal uso de la capacidad.
- c) En cuanto a los medios de producción
 - Reduciendo los tiempos de paro;
 - Evitando el desgaste prematuro;
 - Cuidando las características físicas y económicas

Otros índices de productividad:

$$P = \frac{\text{Productos obtenidos}}{\text{materiales utilizados}}$$

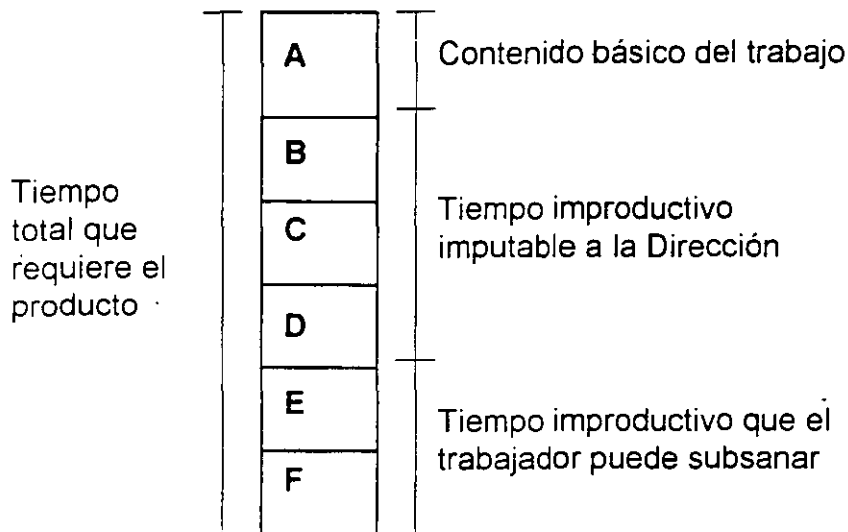
$$P = \frac{\text{productos obtenidos}}{\text{capital invertido}}$$

$$P = \frac{\text{productos obtenidos}}{\text{energía consumida}}$$

$$P = \frac{\text{productos obtenidos}}{\text{capacidad productiva}}$$

$$P = \frac{\text{horas de trabajo efectivo}}{\text{horas de trabajo posible}}$$

A) Componentes del tiempo total de trabajo.



- A Contenido básico del trabajo.
- B Trabajo en exceso debido a deficiencias en la planeación y las especificaciones del mismo.
- B.1. Una mala planeación no permite el uso del equipo adecuado.
 - B.2. Una mala normalización impide utilizar los métodos más adecuados para el trabajo.
 - B.3. Fijación incorrecta de normas de calidad, exageraciones en las especificaciones ocasionan trabajo de más.
- C Trabajo en exceso debido a métodos ineficientes o al funcionamiento de la misma área.
- C.1. Usar maquinaria o herramienta inadecuada.
 - C.2. Proceso mal ejecutado o ejecutado en condiciones incorrectas.
 - C.3. Mala disposición de la maquinaria o equipo, lo que ocasiona trabajos innecesarios.
 - C.4. Métodos de trabajo ineficientes o desconocimiento del trabajo por parte del operario.
- D Trabajo en exceso debido a la mala organización.
- D.1. Variedad excesiva de productos y materiales utilizados en el proceso.
 - D.2. Falta de normalización, cambio de modificaciones al diseño, impiden una adecuada capacitación.
 - D.3. Mala planificación del trabajo o en la recepción de materiales provocan inactividad en las máquinas o equipos.
 - D.4. Constantes averías provocan inactividad y descontrol en la planta.
- E Tiempo improductivo por negligencia del trabajador.
- E.1. Ausencias, retrasos e inactividad del trabajador.
 - E.2. Hacer labores en forma descuidada, lo que genera tiempo improductivo por tener que repetir o desechar el producto.

- F. Tiempo improductivo debido a accidentes y a incidentes.
F.1. Accidentes e incidentes pueden generar ausencias por incapacidad, ausencias temporales o breves interrupciones.
F.2. Enfermedades no profesionales provocan ausencias justificadas, pero en muchos casos no se puede suplir a la persona.

B) Principios.

Principio de la función limitante.

Una función desempeñada poco eficiente, limitará el rendimiento y la productividad de otras funciones así como el resultado final de las operaciones de la empresa.

Principio de la función limitada.

Deberá considerarse poco provechoso todo esfuerzo adicional que se emplee en una función con la intención de mejorar su rendimiento si antes no se eliminan los obstáculos que otras funciones le antepone en el camino a su objetivo.

Principio de los círculos viciosos.

Se constituye en círculo vicioso cuando dos o más funciones se limitan a una continuación de la otra y la última de la cadena limita a la primera. En este caso la acción debe ser la adecuada para romper la cadena en el eslabón más débil.

C) Análisis Factorial.

$$E = \frac{a + \frac{b}{2} + \frac{c}{4}}{n}$$

E = % de eficiencia;
a = # de elementos satisfactorios,
b = # de elementos regulares;
c = # de elementos malos o deficientes;
d = # de elementos inexistentes;
n = # total de elementos analizados, (a+b+c+d)

Factores a estudiar:

- 1.- Medio Ambiente: todos los elementos externos a la organización que resultan relevantes para la operación, incluso elementos de acción directa e indirecta.
- 2.- Dirección: orientación y manejo de la empresa
- 3 - Productos y procesos: selección y diseño de los bienes a producir, y de los medios utilizados en la fabricación.
- 4.- Financiamiento: manejo de los aspectos materiales.
- 5 - Fuerza de trabajo: el total de personal ocupado en la empresa.
- 6.- Suministros: conjunto de materias primas, materiales, productos semielaborados, accesorios y servicios.
- 7.- Medios de producción: conjunto de inmuebles, equipo, herramientas e instalaciones de servicios.
- 8 - Actividad productora: transformación de los materiales en productos que puedan comercializarse.
- 9.- Mercadeo: manejo de la venta y de la distribución de los productos.
- 10.- Contabilidad y estadística. registro e información de las transacciones de la empresa.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN INGENIERIA DE PRODUCCION

MODULO I: DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCION

TEMA

ANEXO 1

**EXPOSITOR: M. EN I. LOURDES ARELLANO BOLIO
PALACIO DE MINERIA
SEPTIEMBRE DEL 2000**

Diagrama		Hoja					Disposición del lugar de trabajo				
Pieza y/o producto											
Operación											
Departamento											
Operario											
Realizado por:											
Revisado por:											
Fecha:											
Descripción mano izquierda	O	⇒	D	□	▽	O	⇒	D	□	▽	Descripción mano derecha
RESUMEN						OBSERVACIONES					
	Izquierda		Derecha								
Operaciones											
Transportes											
Esperas											
Inspecciones											
Totales											

OPERACION: _____ FECHA: _____ OPERADOR: _____

REALIZADA POR: _____ EMPEZO ESTUDIO: _____ TERMINO ESTUDIO: _____

/												/		OBSERVACIONES	
T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L		
HABILIDAD		ESFUERZO		CONDICION		CONSISTENCIA		TOTAL		TOLER REGU		TOLER ESPE.		TOTAL	co. extra p/pza
ACTIVIDAD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TPO/PZA	MINS TRAB/TURNO:	
Promedio														TPO NIV MIN/PZA:	
Factor Niv														No PZAS/TURNO	
Tiempo Niv															
Tiempo Tipo														PIEZAS/HORA	
Frecuencia															
Total															

ARTICULO:						FECHA:				
ESTUDIO No.		ELABORO.			REVISO.					
ACTIVIDAD	No. EQUIPO	CANT	DIST	TIEMPO	○	⇒	D	□	▽	OBSERVACIONES



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO EN INGENIERIA DE
PRODUCCION**

MODULO I: DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCION

TEMA

ANEXO 2

**EXPOSITOR: M. EN I. LOURDES ARELLANO BOLIO
PALACIO DE MINERIA
SEPTIEMBRE DEL 2000**

CORRECTO



CORRECTO

Una reflexión:

Para ser innovador

hay que buscar

una segunda

respuesta válida.

Una insinuación:

Las respuestas
siempre están en
función del
planteamiento de
la pregunta.

Inventar es
encontrar nuevas
aplicaciones para
las cosas
ordinarias

TRABAS MENTALES

1. "Esta es la respuesta correcta"
2. "Eso no es lógico"
3. "Siga las instrucciones al pie de la letra"
4. "Sea práctico"
5. "Evite la ambigüedad"
6. "Equivocarse es vergonzoso"
7. "Juguetear es mera frivolidad"
8. "Esa no es mi especialidad"
9. "No quiero hacer el ridículo"
10. "No tengo creatividad"

La solución
siempre está en el
entorno; lo
importante es el
enfoque que
damos a la
cuestión

Nada es más

peligroso que una

idea, si no dispone

de ninguna otra.

LA SEGUNDA RESPUESTA CORRECTA..

-CAMBIAR EL SENTIDO DE LAS PREGUNTAS.

- ¿CUAL ES LA RESPUESTA?
- ¿QUE SIGNIFICA ESTO?
- ¿CUAL ES EL RESULTADO?
- ¿CUALES SON LAS RESPUESTAS?
- ¿QUE SIGNIFICADOS?
- ¿QUE RESULTADOS?

CAMBIAR LAS PALABRAS QUE ENTRAN EN LA FORMULACION DE LA PREGUNTA.

- ¿SI ENTERRAMOS A UNA PERSONA VIVA?
- ¿COMO NOS ASEGURAMOS DE QUE ESTE MUERTA?

---PEDIR DESDE EL PRINCIPIO VARIAS SOLUCIONES

---CAMBIAR PALABRAS DE INTERPELACION Y OBTENDRA CONTESTACIONES DIFERENTES

- DESPERTAR CURIOSIDAD INTELECTUAL
- ¿ COMO LE DESCRIBIRIA EL COLOR AZUL A UN CIEGO?

Consecuencias.- "única respuesta correcta...."

A nadie le gustan los problemas y la primera reacción es evadirlos lo más pronto posible.

ACTITUD PELIGROSA

UNA IDEA ---- UNA POSIBILIDAD DE ACTUACION.

VARIAS IDEAS, VARIAS POSIBILIDADES

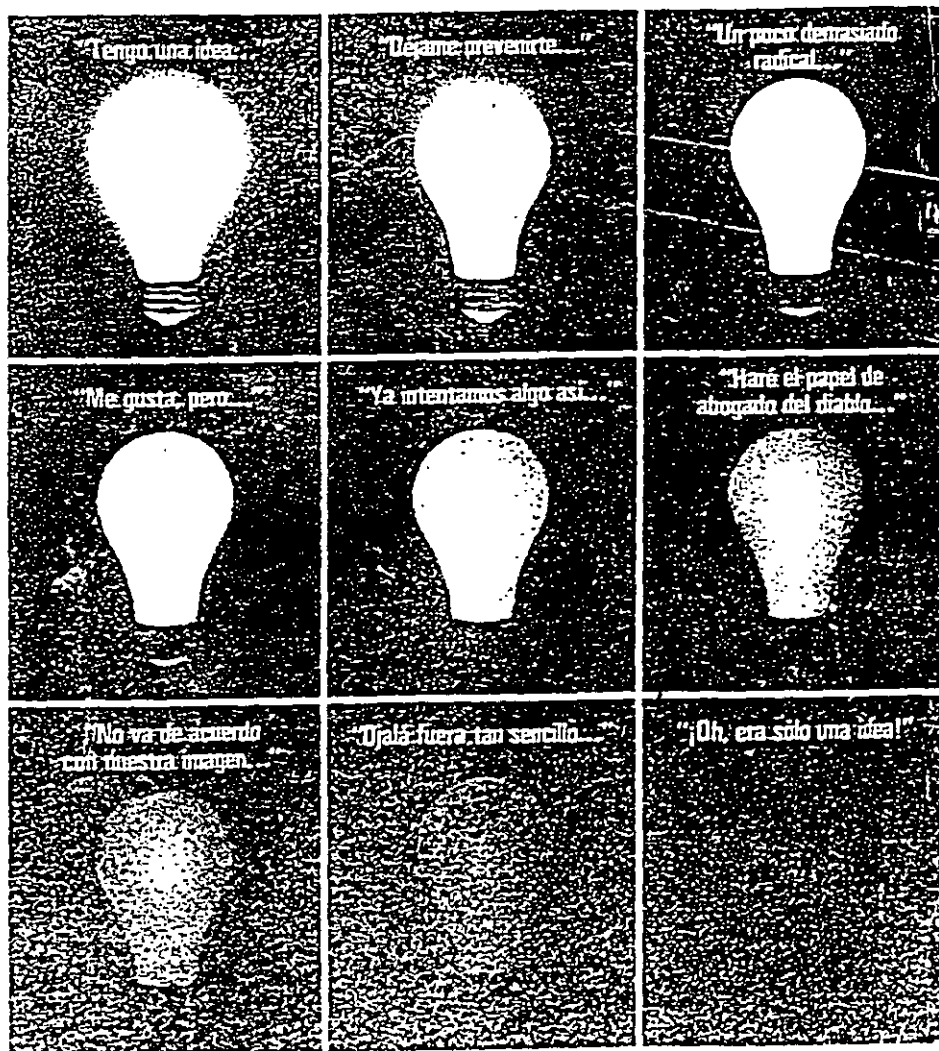
LA FLEXIBILIDAD ES REQUISITO ESENCIAL DE SUPERVIVENCIA

UNA IDEA ES COMO UNA NOTA MUSICAL, SE REQUIERE DE LA MELODIA
PARA COMPRENDERLA, LO MISMO LAS IDEAS SE COMPRENDE MEJOR EN EL CONTEXTO DE OTRAS IDEAS.

CUANDO CONSIDERAMOS DIFERENTES PUNTOS DE VISTA, NUESTRO PENSAMIENTO GANA EN EFICACIA

Anuncio cum laude

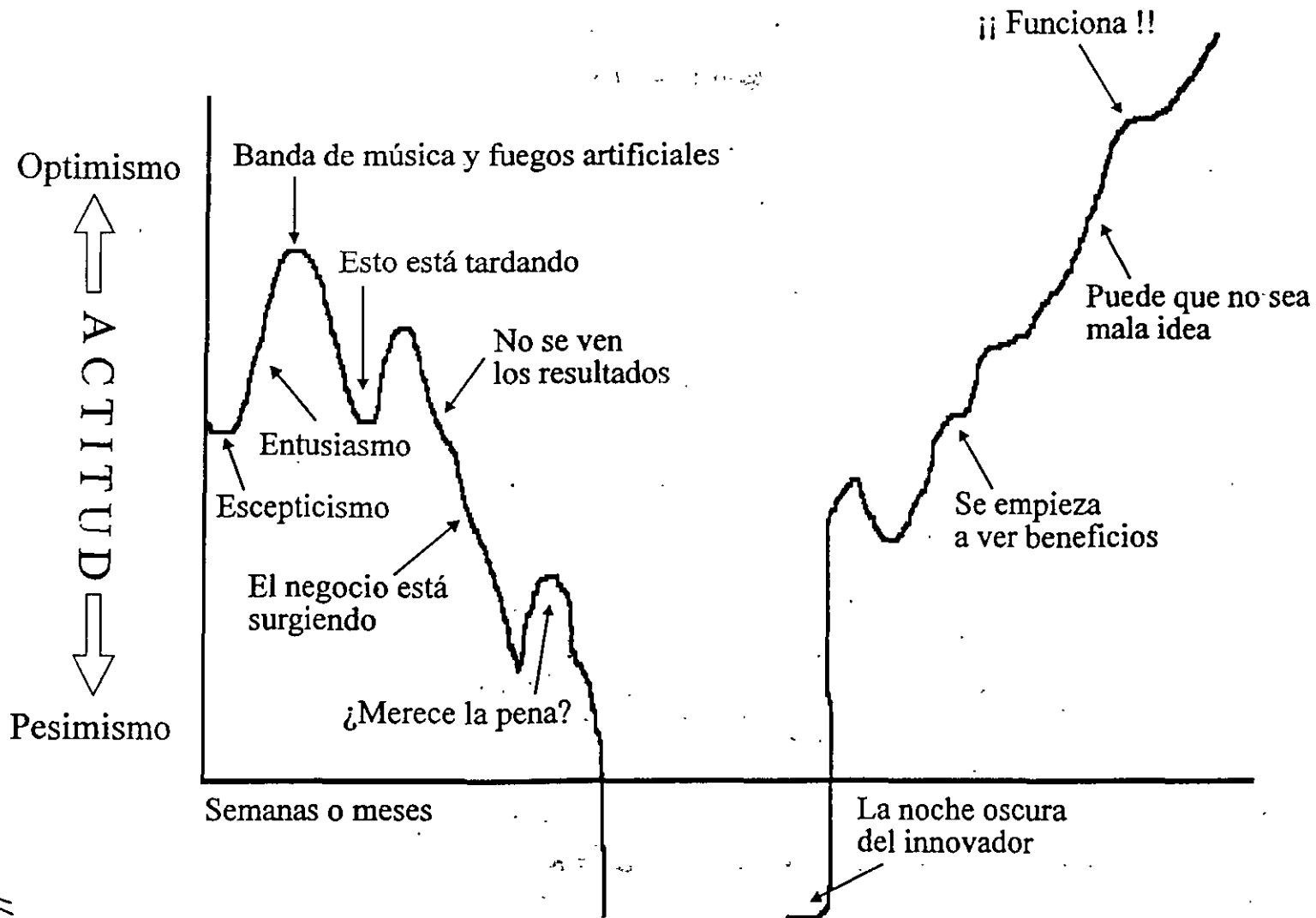
"Era sólo una idea"



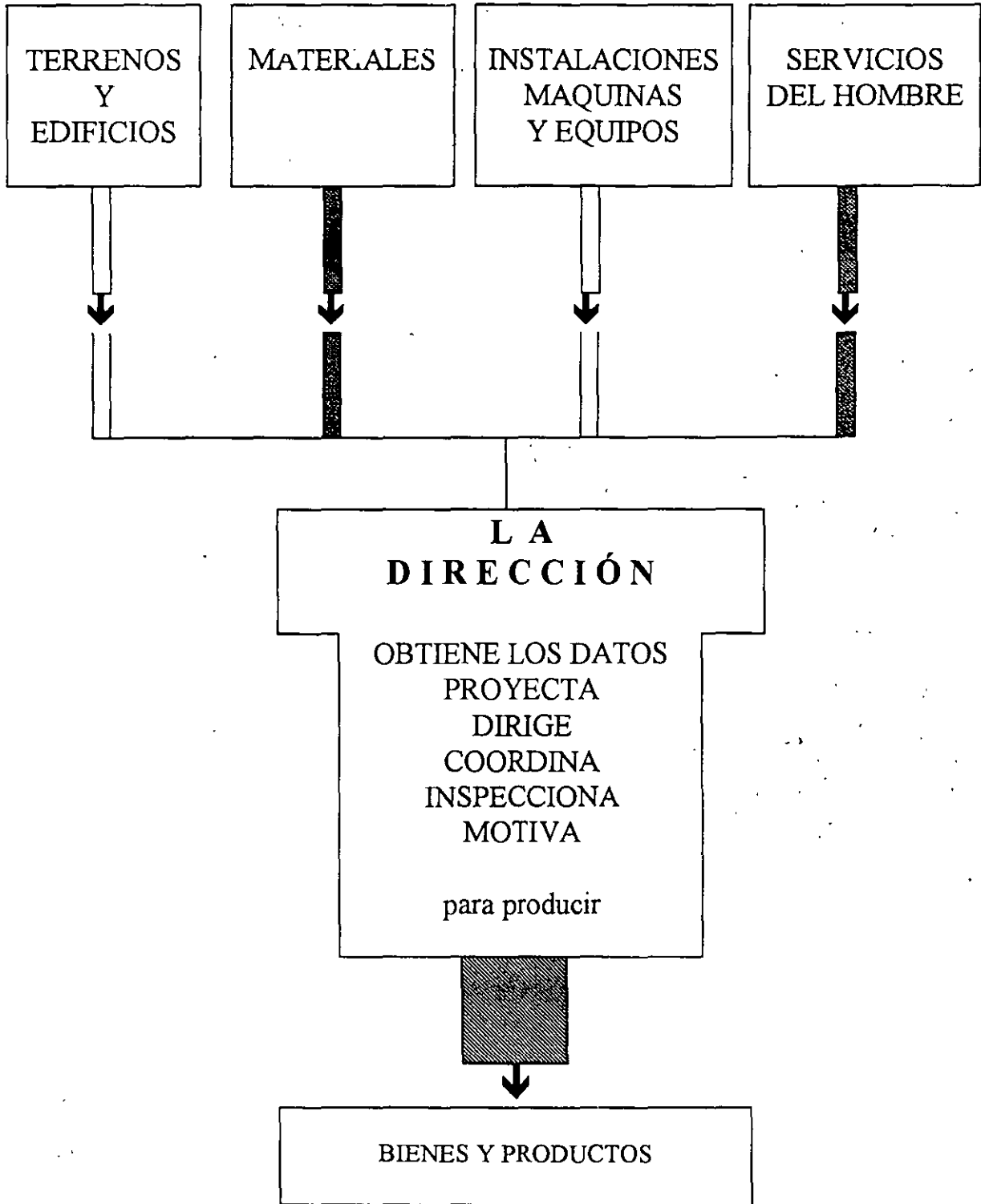
Una idea es algo muy endeble. Es mucho más fácil apagarla que mantenerla encendida.

ANUNCIO DE THOMPSON RAYO WOOLDRIDGE. REIMPRESO POR "SELECCIONES" COMO SERVICIO PÚBLICO

ANATOMÍA DE LA INNOVACIÓN

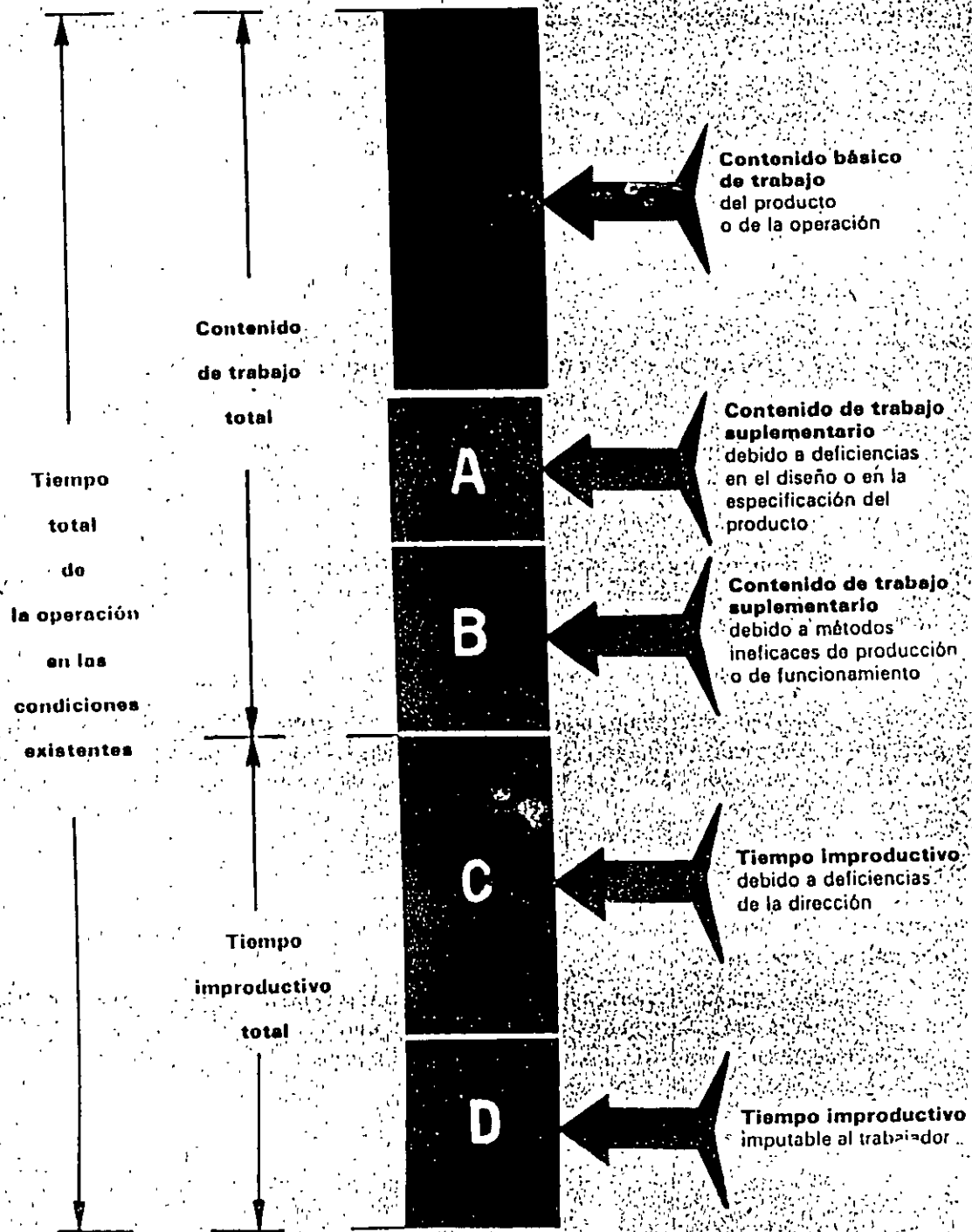


RECURSOS



PRODUCTOS

Figura 2. *Cómo se descompone el tiempo de fabricación*



Note: En el B.S. Glossary se da a los términos «contenido de trabajo» y «tiempo improductivo» un significado técnico preciso que difiere ligeramente del empleado aquí. Como el glosario se refiere a las técnicas de medición del trabajo, que no tratamos por ahora, en este capítulo y en el próximo emplearemos las dos expresiones citadas con el sentido corriente que está definido en el texto.

Figura 3. Contenido de trabajo debido al producto y al proceso

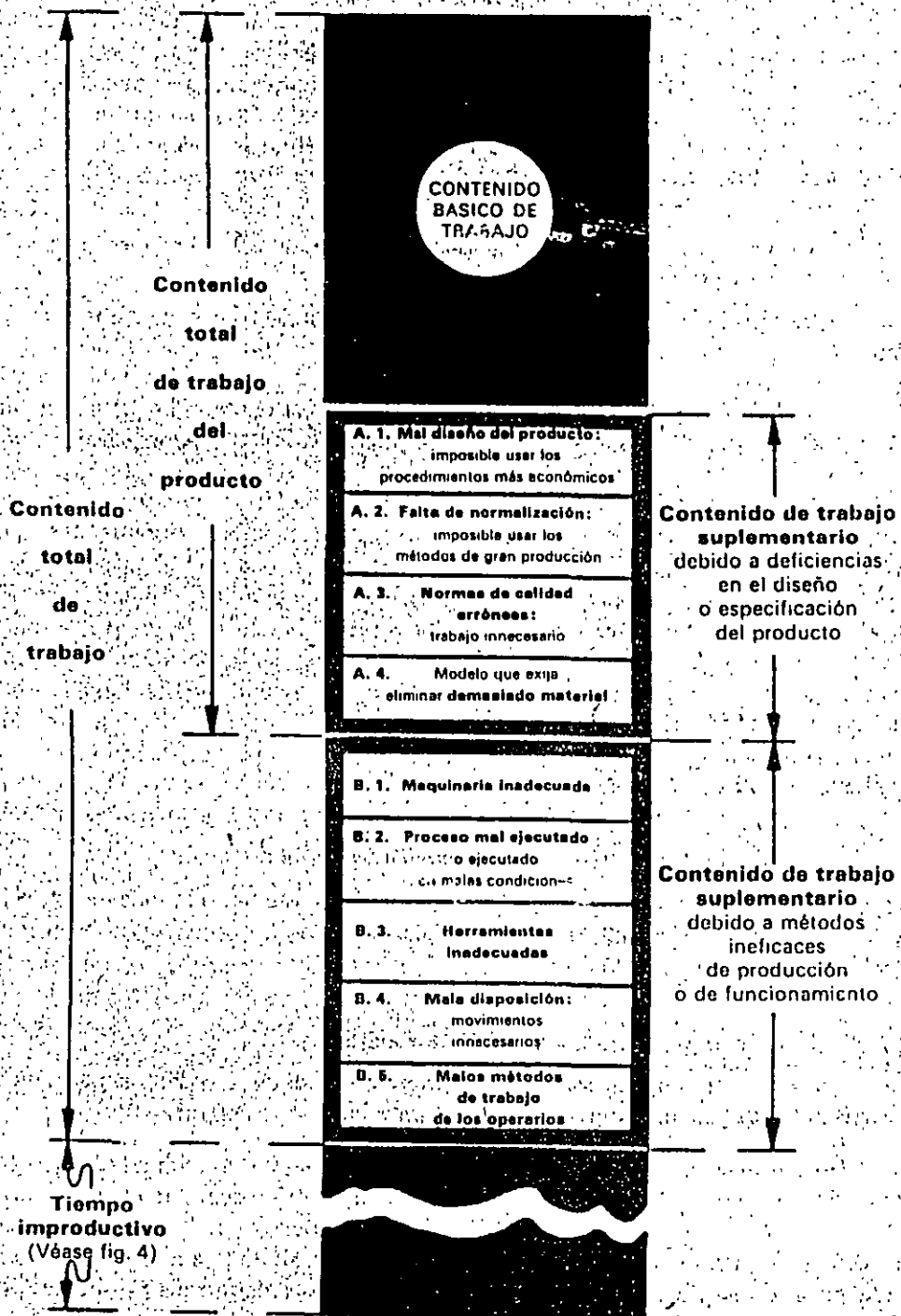
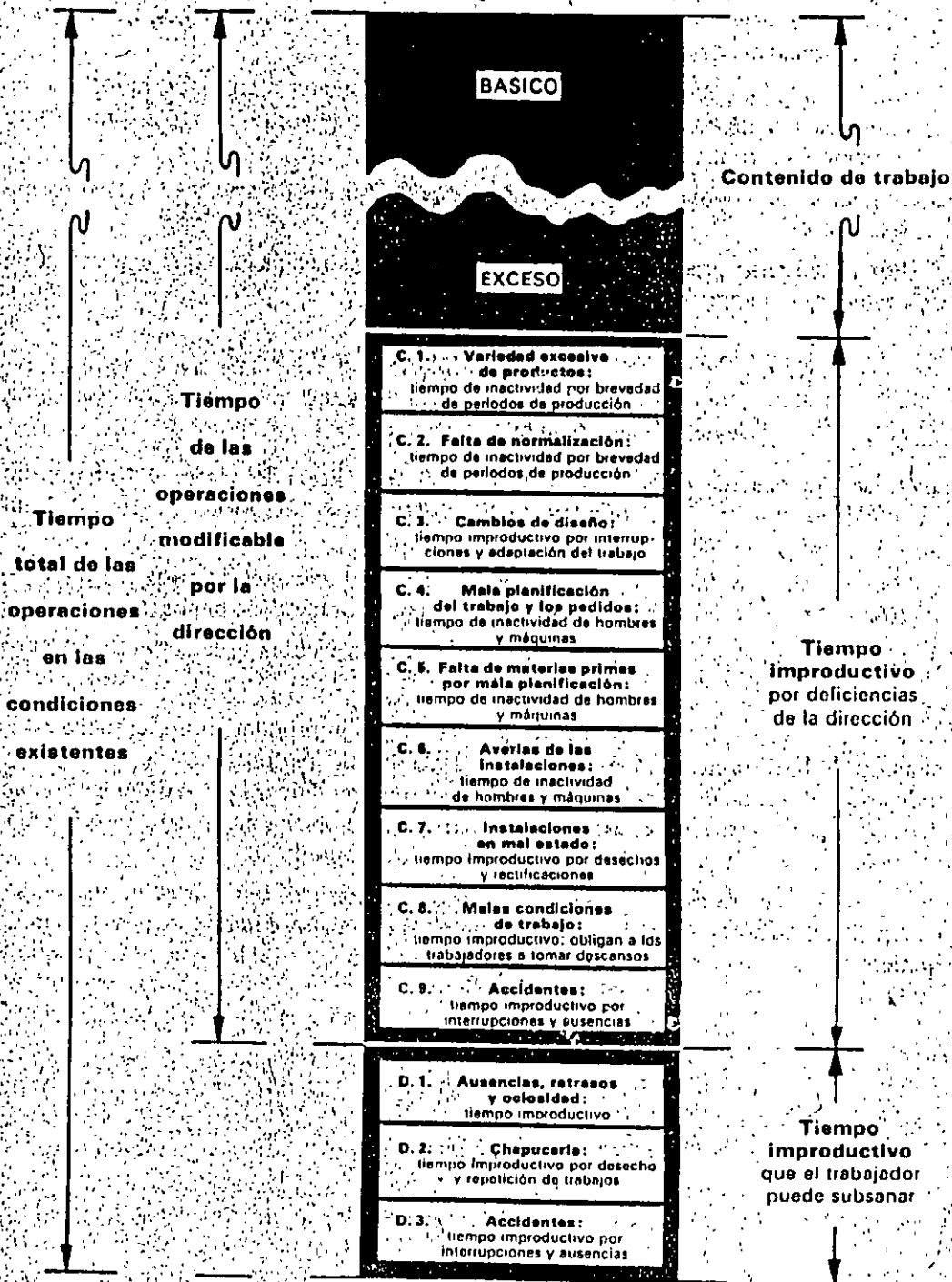
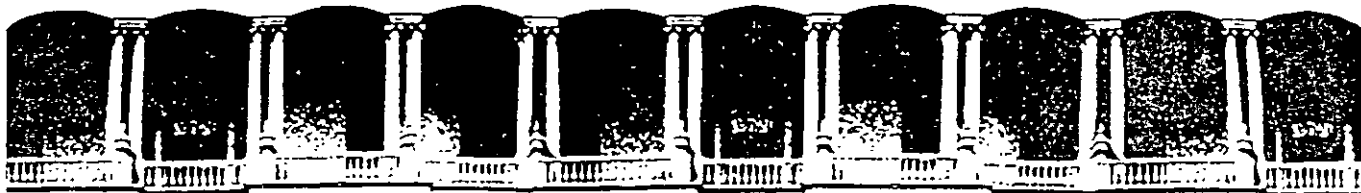


Figura 4. Tiempo improductivo imputable a la dirección y a los trabajadores



15



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN

MODULO I: DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

TEMA

METODOS Y PROCEDIMIENTOS

**EXPOSITOR: ING. DANIEL RODRÍGUEZ RESENDIZ
PALACIO DE MINERIA
SEPTIEMBRE DEL 2000**

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS.

Estudio del Trabajo.

Es la expresión que se utiliza para designar las técnicas de estudio de métodos y de la medida del trabajo y mediante los cuales se asegura el mejor aprovechamiento de los recursos humanos y materiales para llevar a cabo una tarea.

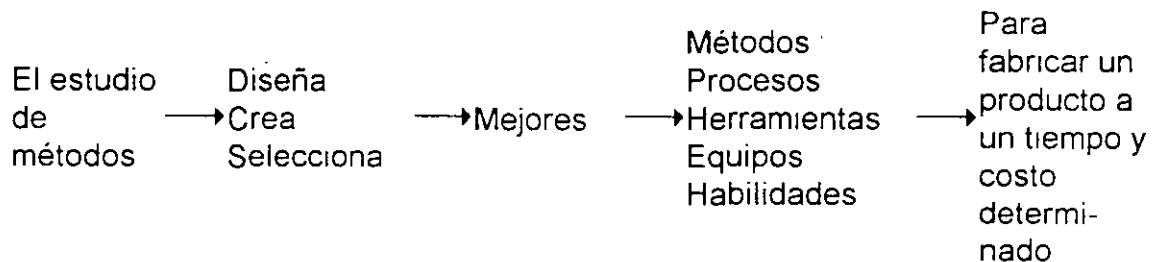
Los objetivos del Estudio de Trabajo son:

- * Mejorar los procesos, procedimientos y métodos;
- * Mejorar la distribución de la fábrica, así como también el diseño de equipo e instalaciones;
- * Economizar el esfuerzo humano y disminuir la fatiga innecesaria;
- * Incrementar la productividad de los 3 elementos de la producción, es decir: mano de obra, materiales e instalaciones; y
- * Crear mejores condiciones de trabajo.

Estudio de métodos.

Es el registro, análisis y examen crítico y sistemático de los modos existentes y propuestos de llevar a cabo una tarea, y así como también el desarrollo y aplicación de métodos sencillos y eficaces.

También se dice que es el procedimiento sistemático del escrutinio de actividades directas e indirectas para facilitar el trabajo, minimizando tiempo y costo.



Procedimiento Sistemático para realizar un estudio de métodos.

- 1.- Seleccionar el trabajo motivo del estudio.
- 2.- Registrar todos los hechos relativos al método actual mediante la observación directa.
- 3.- Examinar críticamente esos hechos utilizando las técnicas más apropiadas a cada caso.
- 4.- Desarrollar el método más sencillo y eficaz.

5.- Adoptar el nuevo método como práctica uniforme.

6.- Mantener el nuevo método mediante comprobaciones regulares.

En cuanto al primer punto deberán hacerse tres tipos de consideraciones:

- a) Económicas;
- b) Técnicas;
- c) Humanas.

Las económicas significan que deberán escogerse trabajos que sean muy repetitivos y que tiendan a durar en el tiempo.

Las consideraciones técnicas deben tomar en cuenta que pueden existir factores que impiden el mejoramiento del método o aumento de la producción

Las consideraciones humanas son las más difíciles de prever, se debe instruir y comunicarse en forma general con supervisores y todo el personal obrero involucrado acerca de las ventajas del estudio, si a pesar de ello el estudio de métodos causa malestares o resentimientos hay que abandonarlo por más prometedor que parezca.

Durante el registro de datos en los diferentes diagramas nos será de gran utilidad el empleo de los 5 símbolos básicos, razón por la cuál debemos dominar su intención, comprenderlos y utilizarlos.

Símbolos.

○ Operación.- Decimos que hay operación cuando se modifican intencionalmente las características físicas o químicas de un artículo, cuando de monta o desmonta en relación a otro objetivo, cuando se prepara para la operación siguiente, cuando se completa o produce algo.

□ Inspección.- Decimos que hay inspección cuando un objeto es examinado para fines de identificación, para comprobar cantidad o calidad de sus propiedades. La inspección no contribuye a la conversión del material en producto terminado. Sirve para comprobar si una actividad ha sido terminada correctamente en lo que se refiere a cantidad o calidad.

⇒ Transporte.- Hay transporte cuando un objeto es trasladado de un lugar a otro, salvo que sea trasladado dentro de una operación o inspección usamos el símbolo de transporte siempre que haya manipulación del material o desplazamiento del operario.

⏸ Almacenamiento temporal o demora.- Se presenta precisamente cuando el material es retenido en algún punto de su recorrido o durante alguna etapa del proceso

▽ Almacenamiento - Existe almacenamiento cuando un objeto es guardado o protegido contra el traslado no autorizado del mismo. La diferencia entre

almacenamiento temporal y almacenamiento consiste en que para sacar un artículo que está en almacenamiento se necesita un vale o autorización que no existe en el temporal.

⊖ **Actividad combinada.**- Cuando se desea expresar actividades ejecutadas al mismo tiempo o por el mismo operario, se combinan los símbolos de estas actividades.

Análisis de Métodos de Trabajo por medio de Diagramas.

En el estudio de métodos es de gran utilidad el empleo de diversos diagramas dado que por medio de ellos podemos conocer características del proceso productivo.

El empleo de diagramas nos sirve para:

- a) Saber cómo, con qué, y cuánto tiempo se elabora un producto o serie de productos.
- b) Compara la eficiencia de varios métodos en igualdad de condiciones.
- c) También nos sirve para repartir la tarea dentro de los grupos de trabajo.
- d) Para conocer el recorrido que siguen los materiales u operarios para un proceso o producto dado.

Para la elaboración de los diagramas es necesario que primero se observe perfectamente el proceso y se tomen tantas notas como sea necesario, excepto cuando se intente la elaboración del diagramado de un método propuesto, pues en este caso se requiere primero de una investigación exhaustiva y posteriormente mucho trabajo de gabinete.

Todos los diagramas deben llevar un encabezado, el cual debe llevar al menos los siguientes datos:

- * Nombre de la empresa o razón social,
- * Fecha o periodo de la observación;
- * Identificación del operario observado;
- * Identificación del observador,
- * Producto, pieza, elemento en elaboración,
- * Máquina en la que se elabora;
- * Area o departamento;

* Resumen.

Operaciones del Proceso o Cursograma Sinóptico.

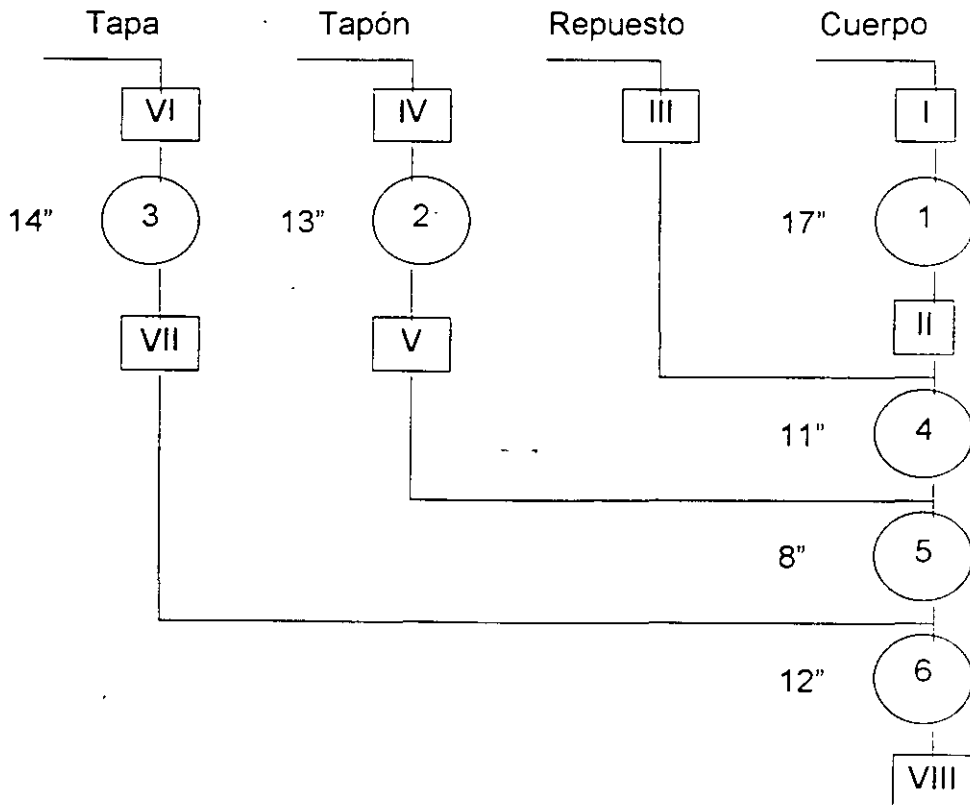
Es de suma utilidad contar con un gráfico que nos permita observar de una sola ojeada la totalidad del proceso.

El cursograma sinóptico es la representación gráfica de la sucesión de todas las operaciones e inspecciones de que consta el proceso, con indicaciones de los puntos de entrada de los materiales.

Responde a la pregunta ¿Cómo se realiza?, utiliza únicamente los símbolos de operación e inspección sin tomar en cuenta ¿Quién? y ¿Dónde se ejecuta?, suele indicarse adjunto a cada símbolo el tiempo asignado para realizar esa actividad.

Se comienza con una línea vertical a la derecha de la hoja para indicar las operaciones e inspecciones del elemento principal, el tiempo de la actividad se indica a la izquierda de cada símbolo, en hoja aparte se da una explicación breve de la operación o inspección indicando la máquina o herramienta utilizada. Es muy importante la forma de numerar, pues la misma nos va a señalar la secuencia del armado o ensamble.

La elaboración y lectura del diagrama es de derecha a izquierda y de arriba hacia abajo, se recomienda dividirlo por componente.



Operaciones:

- 1.- Rebabeo con máquina X-14
- 2.- Rebabeo con máquina X-15

Inspecciones:

- I.- Verificar cantidad de rebaba
- II.- Verificar la carencia de rebaba.

Análisis del proceso o cursograma Analítico.

En este diagrama se va señalando el curso que sigue el material o el operario (no ambos), diferenciando con precisión de que actividad se trata, al final se contabiliza cuantas ocasiones se lleva a cabo cada actividad, que tiempo total se llevó, que distancia total se recorre, etc.

Descripción	Cant.	T.	Mts.	○	□	⇒	D	▽	⊙	Observaciones
Verifica asistencia visualmente		4			●					
A escritorio	1	12	10			●				
Deja portafolios	1	4		●						
Quitarse saco	1	4		●						
Abrir portafolios	1	8		●						
Sacar notas	1	16							●	
A tarima	1	4	2.5			●				

Resumen:

	Método Actual	Método Propuesto	Economías
○			
□			
⇒			
D			
▽			
⊙			
Total de Acts.			
Tiempo			
Dist. en metros			

Diagrama de Proceso de Flujo.

Es una variación del cursograma analítico, lleva distancia, símbolo y explicación o descripción, enumerando los símbolos como en el cursograma sinóptico.

Diagrama Bimanual.

El diagrama bimanual registra el trabajo de las dos manos en relación a una escala de tiempos, esta escala nos facilita la ubicación de los símbolos en cada una de las actividades que se realiza.

El símbolo del almacenamiento no se utiliza por la definición del mismo, los movimientos de la mano para inspeccionar una pieza cabe clasificarlos como operación ya que rara vez es la mano la que inspecciona.

La hoja de análisis debe llevar un croquis del lugar o del dispositivo del trabajo, además de un resumen de movimientos.

Al registrar se deben anotar los movimientos de una mano cada vez, pero teniendo en cuenta a cada actividad de una mano debe corresponder una actividad de la otra. También con este diagrama puede diagramarse el accionar de los pies.

Mano Izquierda				Mano Derecha				
Descripción	○	□	⇒	D	⇒	□	○	Descripción

Diagrama de Actividades Múltiples, de Grupo o de Hombre-Máquina.

Es un diagrama en el cual se registra la sucesión de actividades interdependientes de varios operarios o varias máquinas. Se utiliza cuando es necesario analizar por medio de una gráfica las actividades de un operario con relación a otro, el diagrama expone claramente los tiempos improductivos mediante la representación en columnas separadas de la actividad de los operarios y con la confrontación de una escala común de tiempos.

Es sumamente útil para organizar equipos de trabajadores en producción en serie o en tareas de mantenimiento.

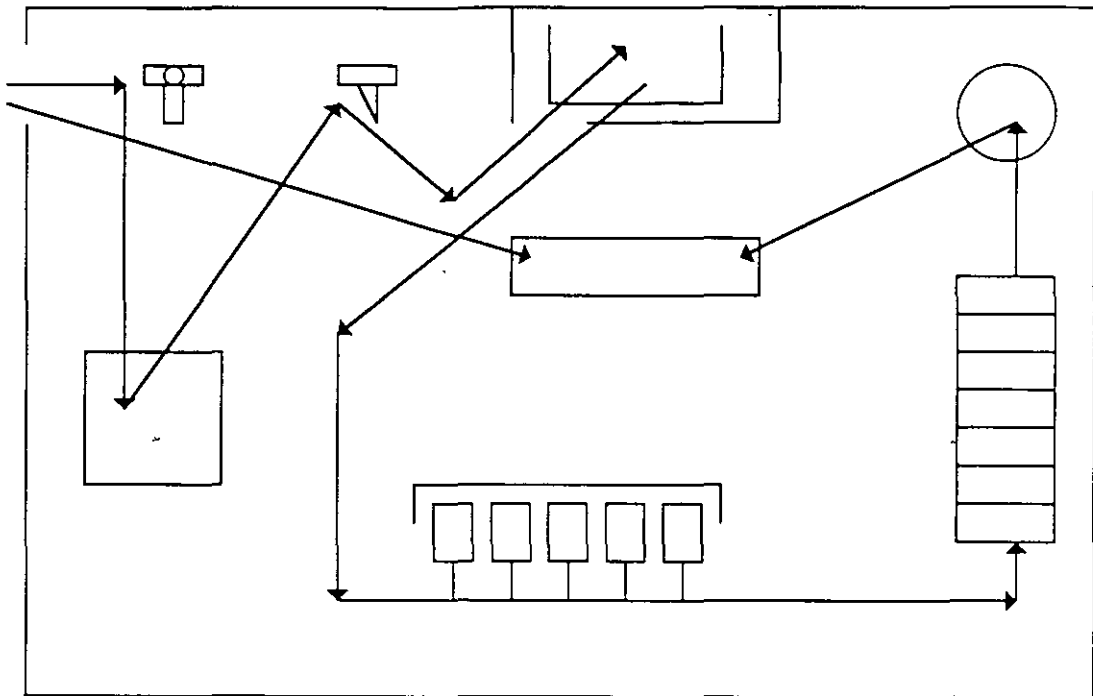
No se emplea ningún símbolo, tan sólo se menciona la actividad, graficando exactamente la cantidad de tiempo que requiere ésta, se gráfica por igual las actividades productivas y las no productivas, diferenciando las productivas por medio de líneas, colores, etc.

Tiempo (segs)	Operador 1	Operador 2	Operador 3	Operador 4
10	1			
		3	2	
60	4			
80			6	5

Diagrama de flujo.

Este diagrama consiste básicamente en un plano a escala del lugar, conteniendo la maquinaria y equipo en el lugar preciso. No se considera que tipo de actividad se realiza en cada centro de trabajo, tan sólo el recorrido que sigue el material u operario.

El diagrama nos ayuda a conocer que pasillos se congestionan o las distancias que se recorren.



	ANALISIS		CRITICA	ESTUDIO DE MEJORA
	HECHOS	RAZONES	COMPARACION	PROPUESTAS
PROPOSITO	¿Qué actividad se lleva a cabo?	¿Por qué se realiza?	¿Es necesario?	¿Se puede evitar?
LUGAR	¿Dónde se lleva a cabo?	¿Por qué en ese lugar?	¿Es el lugar más indicado?	¿Se puede cambiar?
SUCESION	¿Cuándo se lleva a cabo?	¿Por qué en ese momento?	¿Es el mejor momento?	¿Se puede combinar con otra operación?
PERSONA	¿Quién la lleva a cabo?	¿Por qué esa persona?	¿Es la persona más indicada?	¿Se puede evitar o cambiar la persona que lo ejecuta?
MEDIOS	¿Cómo se lleva a cabo?	¿Por qué de esa manera y con ese material?	¿Es el mejor método? ¿Es el mejor medio?	¿Se puede mejorar el método o medio?



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO EN INGENIERIA DE
PRODUCCION**

MODULO I: DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCION

TEMA

MEJORA CONTINUA

**EXPOSITOR: M. EN I. SILVINA HERNANDEZ GARCIA
PALACIO DE MINERIA
SEPTIEMBRE DEL 2000**

MEJORA CONTINUA.

El principio del cual parte la mejora continua es el reconocimiento de que no solamente resolviendo problemas, eliminando defectos o reduciendo desperdicios nos volveremos más competitivos en esta nueva era económica. Las nuevas estrategias de productividad señalan ir más allá de los problemas, los defectos y los desperdicios para buscar las oportunidades de sobresalir continuamente al estado actual.

Mejora continua significa mejoramiento progresivo global pues involucra a todos, incluyendo la forma de vida. Su mensaje es que no debe pasar un día sin que se realice una clase de mejoramiento.

La aplicación de la mejora continua no señala estándares fijos sino estándares que de forma progresiva aumenten sus nivel puesto que el mejoramiento progresivo solo se logra cuando la gente trabaja para estándares mas y mas altos. En su aplicación se tiene en cuenta que los estándares no son establecidos a voluntad de mandos intermedios o altos mandos, los estándares deben estar establecidos a voluntad del trabajador. Un trabajador a quien se a fomentado una cultura de desarrollo deberá participar en el establecimiento de estándares con el fin de que estos sean congruentes con las capacidades y signifiquen un reto al trabajador, quien formando parte de este proceso, asume un compromiso con cual se sentirá continuamente motivado.

La mejora continua no significa, a contraparte de las estrategias occidentales, un cambio repentino, brusco y dramático. Esto refiere la bondad del proceso ya que no requiere de una técnica sofisticada o tecnología avanzada. Para implementar la mejora continua solo se necesitan técnicas sencillas y convencionales como las herramientas de control de calidad. El único requerimiento riguroso y difícil de conseguir en las organizaciones, es creer en las personas que la conforman, la suficiente motivación hacia el cambio para mejorar en todos los aspectos.

Es importante señalar que no son los niveles operativos ni los niveles de supervisión en quienes se encuentra únicamente el rechazo y el miedo al cambio. En muchas empresas el principal factor de rechazo se encuentra en la alta administración y tiene como fundamento el que los empresarios buscan únicamente los beneficios para ellos, no teniendo conciencia que la mejora continua implica al factor humano ante todo. Empleados que no sientan beneficios en su persona de las mejoras implementadas rara vez se sentirán estimulados para aportar su esfuerzo en mejorar. Los trabajadores de todos los niveles agregan valor no por el simple hecho de estar al cuidado de una máquina o llevando a cabo rutinas, sino descubriendo continuamente oportunidades de mejora del producto y del proceso.

La relación operativa de la mejora continua en la organización genérica establece las siguientes funciones.

- Alta administración: De aquí debe surgir la decisión de la mejora continua como estrategia. Para que la estrategia funcione los primeros en comprometerse con la filosofía de mejora continua deben ser los elementos que conforman la alta administración; debe ser en esta área donde surja el apoyo y la autorización de recursos destinados a la mejora continua, se dictan las políticas que han de regir en la estrategia de mejora continua, dictan las metas y construyen los sistemas que han de regir a la mejora continua.

- Administración media y Staff: El despliegue y la ejecución de las metas es su principal compromiso, son ellos quienes establecen los estándares dinámicos y diseñan su evolución, se encargan de concientizar a todos respecto a la filosofía de mejora continua, ayudan a desarrollar habilidades y herramientas para la solución de problemas.

Supervisores. Llevan a cabo la mejora continua en roles funcionales, formulan los planes para la mejora continua y orientan a los trabajadores respecto a dichos planes; siendo las cabezas inmediatas los trabajadores que tienen la responsabilidad de enlazar de manera eficaz la comunicación entre los trabajadores y los administrativos; deben ser personas capaces de mantener alta la moral y no solo comunicar los logros a los trabajadores sino hacerles partícipes de dichos logros, ellos establecen el sistema de sugerencias y deben ser los que mas aporten a el La disciplina, riguroso factor de éxito para la mejora continua, se establece por disposición de ellos.

Las ventajas de la mejora continua son entre otras:

Trabajan bien en economías de crecimiento lento y continuo.

Mejor adaptadas para economías de crecimiento rápido y discontinuo

Dentro de un programa de mejora continua existen cuatro orientaciones funcionales dependiendo de la complejidad y el nivel del proceso.

1.- Mejora continua orientada a la administración. Pilar vital, se concentra en puntos logísticos y estratégicos de máxima importancia y proporciona el impulso para mantener el progreso y la moral, la administración japonesa por lo general cree que un gerente debe dedicar cuando menos el 50% de su tiempo al mejoramiento

2.- Mejora continua en instalaciones El personal de fábrica toma por concebido que incluso la maquinaria mejor diseñada necesita ser reformada y mejorada en la práctica; como resultado, la generalidad de las fábricas tienen capacidad interna para reparar y construir su maquinaria

3.- Mejora continua orientada al grupo. La mejora continua considera un enfoque de sistemas, no se puede realizar aislando a los individuos, sino considerándolos como parte funcional de un todo; de aquí la promoción para la realización de grupos de mejora continua y círculos de control de calidad en los que se elabora el círculo Demming en el que se desarrolla un plan de mejora, se lleva a cabo el plan, se estudia los resultados y se actúa sobre los resultados. Todo ello en forma grupal.

4.- Mejora continua orientada al individuo. Su manifestación es en base al sistema de sugerencias, el buen funcionamiento de este garantiza la participación de forma individual del talento de los empleados; mejora continua es un enfoque humanista, porque espera que todos, verdaderamente todos participen en ella. Está basada en la creencia de que todo ser humano puede contribuir a mejorar su lugar de trabajo donde pasa la tercera parte de su vida.

METODOLOGIA

Ciclo de mejora continua:

I. PLAN

Desarrolle un plan para mejorar

Paso 1. Identifique la oportunidad de mejora.

Paso 2: Documente el proceso presente.

Paso 3: Cree una visión del proceso mejorado.

Paso 4: Defina los límites (scope) del esfuerzo de mejora

II HACER

Lleve a cabo el plan

Paso 5: Con clientes, y durante algún tiempo, haga a una pequeña escala piloto de los cambios propuestos.

III. VERIFICAR

Estudie los resultados

Paso 6: Observe lo aprendido acerca de la mejora del proceso.

IV. ACTUAR

Ajuste el proceso basado en sus nuevos conocimientos

Paso 7: Haga operativa la nueva mezcla de recursos.

Paso 8: Repita los pasos (ciclo) en la primera oportunidad.

Etapa de planear, paso 1:

Identifique la oportunidad de mejora

Este proceso se logra comparando la "voz del cliente" con "la voz del proceso". Muchas veces estas dos voces no están parejas. Esta es una oportunidad de mejora a la que llaman laguna (gap). También es conocida como la capacidad del proceso.

Tanto la voz del cliente, como la voz del proceso cambian o varían con el tiempo. La estabilidad estadística de cada voz también es crítica para la decisión que se adopte con miras a reducir la laguna. De vital importancia es igualmente el proceso mediante el cual se mide y se estima cada voz. El doctor Demming nos recuerda que al aplicar un procedimiento se obtiene un estimado. Si usted aplica otro procedimiento, obtendrá un estimado diferente. De hecho, si aplica el mismo procedimiento dos veces, obtendrá dos estimados diferentes.

La oportunidad de mejorar respecto al tiempo es una de las tres características que todo gerente de proceso debiera alcanzar, las otras características son calidad y costo. La gerencia puede interpretar la voz del cliente como el deseo de que el tiempo de desarrollo de un nuevo vehículo automotor, desde el concepto inicial hasta su comercialización, debiera ser de 48 meses.

La voz del proceso, que es la distribución del tiempo real para entregar un determinado número de vehículos nuevos, nos dice que, normalmente, el tiempo de entrega es de alrededor de 70 meses, siendo de 66 meses el tiempo menor, y de 74 meses el mayor. La oportunidad de mejora estriba en reducir el promedio del proceso a 48 meses, y también en reducir su variabilidad.

Etapa de planear, paso 2:

Documente el proceso presente.

El propósito de este paso es empezar a ver la red interdependiente de clientes y proveedores mediante un diagrama de flujo del proceso o un mapa de proceso.

Durante el primer recorrido por los diferentes pasos, se debe visualizar el proceso. Pero el verdadero valor radica en la aportación de la perspectiva por parte de los demás miembros del equipo. Existen muchas formas de elaborar diagramas de flujo. Sea cual fuere la que usted elija, los elementos esenciales

que debe incluir son las representación gráfica de las interfaces cliente-proveedor y los vínculos pertinentes del personal, material, métodos, equipo y medio ambiente.

Etapas de planear, paso 3:

Cree una visión del proceso mejorado.

Es semejante al segundo paso. Una vez descrito el proceso actual, y de acuerdo con nuestra percepción del mismo, debe crearse una visión del proceso mejorado. En otras palabras "visualizar", "imaginar" o "buscar las posibilidades" de como podría verse si las restricciones fueran mínimas.

Los pasos 2 y 3 pueden alterarse, pero lo primero que se debe realizar es una descripción del proceso existente, especialmente cuando se trata de procesos complejos, es más fácil detectar algunas de las fallas e ineficiencias existentes que probablemente habría incorporado en la visión ya que se ignoraba su existencia

Visualizar no es una tarea fácil debido a lo que el Doctor William Ouchi llama aprendizaje supersticioso. Hacemos muchas cosas sin preguntar porque no las han enseñado tan cuidadosamente, como en el caso de la pequeña y su receta del pan tostado. El proceso para desarrollar una "visión" ayuda en gran manera si nos damos el tiempo necesario para definir operativamente que es lo que creemos que el cliente realmente quiere o necesita, y si nos concentramos en aquellos pasos que agregan valor.

Etapas de planear, paso 4:

Defina el campo de acción del esfuerzo de mejora.

No debe pasarse a esta etapa sin antes haber pasado por las tres anteriores y cuando uno se encuentre preparado para definir su plan de mejora.

El plan es una declaración de intención, es una predicción de una mezcla futura de personal, método, material, equipo y medio ambiente. Si se combinan de cierta manera la laguna disminuirá o desaparecerá. El plan debe preguntar, ¿Quién?, ¿Qué?, ¿Cuándo?, ¿Dónde?, ¿Cuánto?, y ¿Porque?.

El plan debe contemplar la participación de equipo de clientes y proveedores, así como de individuos aislados, expertos en la materia. Cuando se trata de mejoras drásticas, el plan incorpora expertos en materias que aparentemente no tiene relación con el tema. Deben definirse los roles y las responsabilidades individuales de todo el personal, así como aquello que deberá aplazarse o reprogramarse para dedicar el tiempo necesario a trabajar en el esfuerzo de mejoras. También deben definirse las fronteras o límites del proceso y las características clave relevantes

La pregunta favorita del doctor Demming es "¿Cuál será el método mediante el que va a mejorar?". El plan debe equilibrarse para impedir deterioros a corto plazo y mejoras a largo plazo. Usted debe procurar que los aspectos negativos se eliminen mientras que se resaltan los positivos. Deben trasladar el aprendizaje de ciclos previos y anticipar el punto focal de ciclos futuros. Debe balancear todo lo antes dicho en tres niveles: físico, lógico y emocional.

Y puesto que cada persona aprende de manera diferente el plan puede adoptar formas diversas. La forma gráfica representa una planeación optimada del espacio y del tiempo, así como las demás características antes mencionadas. Una representación gráfica de tal naturaleza es una matriz de objetivos compartidos con acciones entrelazadas.

Etapa de hacer, paso 5:

Realice con los clientes durante un tiempo y a pequeña escala, pruebas piloto de los cambios propuestos.

Pensar un poco con cierto criterio estadístico puede ayudar al avance del conocimiento: en lugar de considerar un factor a la vez, que pudiera resultar en un costoso refuerzo de paradigmas, realizar un experimento más eficiente y útil. El diseño de experimentos tiene mejor aplicación cuando se varían diversos factores a la vez. Existen muchos diseños disponibles: factoriales completos o fraccionados, diseño de selección tales como Taguchi o Plackett y Burman, y los experimentos acelerados para pruebas de contabilidad

Es muy importante saber que, pese a lo que quieran venderle los consultores, no existe ningún diseño único o de aplicación universal. El diseño que usted elija deberá permitirle descubrir interacciones entre los insumos y las salidas o productos, lo cual es obligatorio si desea ir más allá de las soluciones que puedan ofrecerle los mejores expertos

No hay que pensar que los experimentos sólo son aplicables a cosas tangibles (hardware) o equipos, experimente con un cambio organizacional o tal vez con un cambio de método, o cambiar el medio ambiente o el personal. ¿Hubo interacciones que no fueran previstas en su plan? Pueden ser positivas o negativas. Si lo que quiere es hacer mejoras de orden de magnitud, debe estar especialmente atento a las mezclas positivas, sinérgicas, de los recursos en los que todo es mayor que la suma de las partes. Del mismo modo con las negativas mezcladas antagónicas, en las que todo es menor que la suma de las partes

Si las circunstancias lo permiten, resulta importante experimentar a pequeña escala. Tal vez un número reducido de experimentos pequeños para que en ningún momento la empresa se exponga a un riesgo excesivo. Para verificar o mejorar los alcances (voz del cliente) es igualmente importante involucrarlo o exponerlo al experimento.

Etapas de estudio, paso 6:

Observe lo aprendido acerca de la mejora del proceso.

El experimento se realizó para ver si los cambios que habíamos planeado en el proceso darían por resultado una laguna menor. En otras palabras, teníamos la expectativa de verificar que la capacidad del proceso había mejorado. En ocasiones no hay mejora aparente; en otras, la laguna crece, y en otras más, se reduce. Sin embargo, debemos aprender del resultado, sin importar cual ha sido. La brecha puede mejorar debido a que se movieron a voz del cliente, o la voz del proceso o ambas. El conocimiento dependerá de las particularidades del movimiento, no del cambio en sí.

Un requisito necesario es el previo control estadístico para mejoras posteriores, porque si los resultados no son predecibles, no podrán proyectarse racionalmente las salidas o los resultados derivados de cualquier cambio que hagamos en el proceso.

Etapas de "actuar", paso 7:

Ponga en operación la nueva mezcla de recursos mediante objetivos compartidos y acciones entrelazadas.

Puede resumirse en las preguntas: ¿Quién?, ¿Qué?, ¿Cuándo?, ¿Dónde?, ¿Por qué?, ¿Cómo?, ¿Cuánto?

Usando los objetivos compartidos y la matriz de acciones entrelazadas que desarrollamos en el paso 4, el primer trabajo del equipo de mejoramiento es actualizarlo, reflejando así lo aprendido en la prueba piloto, y desplegarlo entre los diferentes niveles de gerentes de procesos que se haya determinado como esenciales para poner en acción las mejoras.

Etapas de actuar, paso 8:

Repita los pasos (ciclo) en la primera oportunidad.

Al mismo tiempo que está haciéndose permanente la mejora piloteada en el paso 7, debe determinarse de dónde provendrá la siguiente iteración o mejora requerida. Para hacerlo, deben verse las lagunas restantes en éste y en otros procesos. ¿Hay alguna(s) cuyas pérdidas sean tan grandes que nos impulsen a empezar ahí el siguiente ciclo? Podría ser que el mismo proceso se necesiten mejoras ulteriores que aporten mayores beneficios.

El método de mejoramiento de 8 pasos que he esbozado en este capítulo es una mezcla sinérgica de ciencia y filosofía. La ciencia o las raíces estadísticas pueden ser más obvias que la filosofía o la psicología.

I. PLAN

Desarrolle un plan para mejorar

- Paso 1:** Identifique la oportunidad de mejora.
- Paso 2:** Documente el proceso presente.
- Paso 3:** Cree una visión del proceso mejorado.
- Paso 4:** Defina los límites (scope) del esfuerzo de mejora.

II. HACER

Lleve a cabo el plan

- Paso 5:** Con clientes, y durante algún tiempo, haga a una pequeña escala piloto de los cambios propuestos.

III. VERIFICAR

Estudie los resultados

- Paso 6:** Observe lo aprendido acerca de la mejora del proceso.

IV. ACTUAR

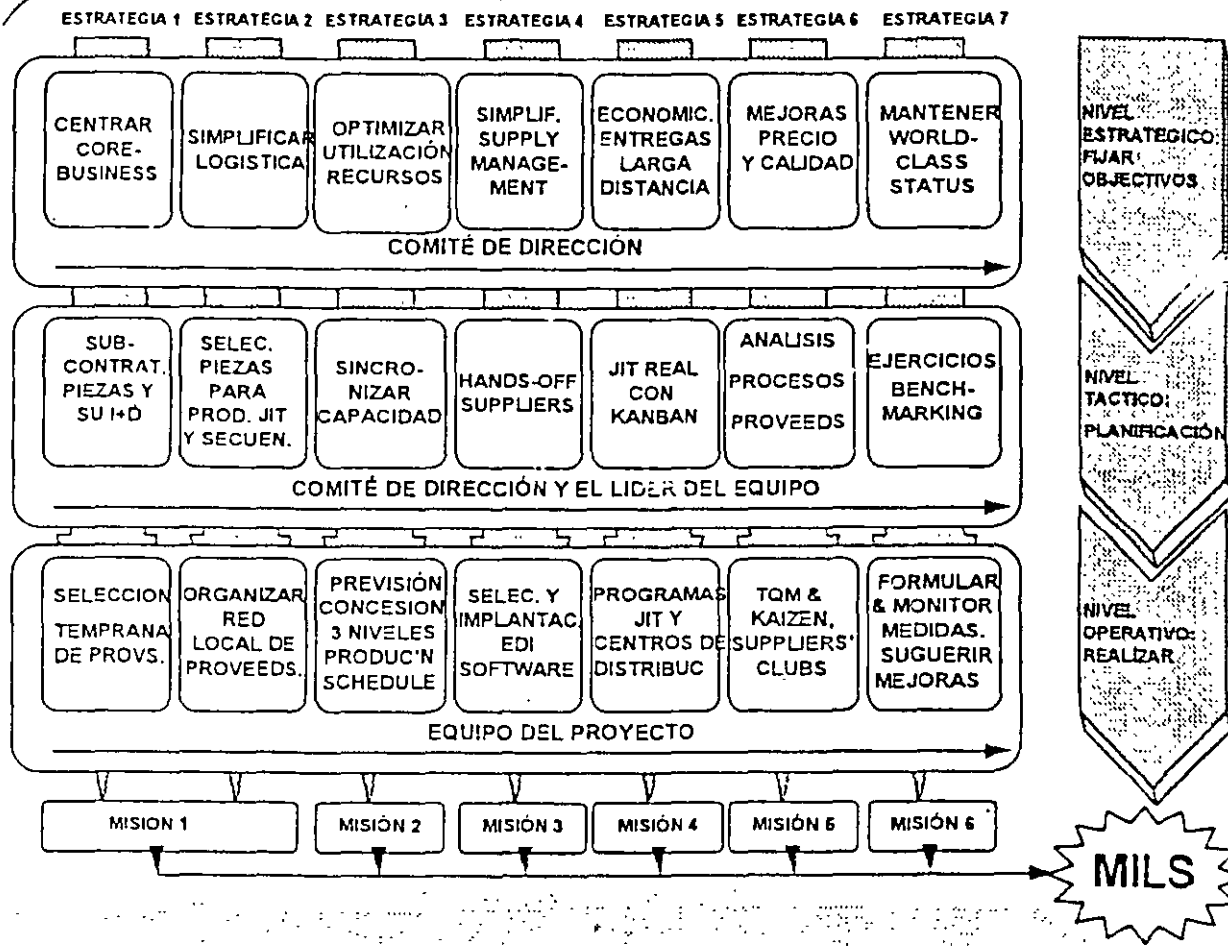
Ajuste el proceso basado en sus nuevos coocimientos

- Paso 7:** Haga operativa la nueva mezcla de recursos.
- Paso 8:** Repita los pasos (ciclo) en la primera oportunidad.

El sistema de planificación y diseño del sistema productivo

Inputs	Planificación y diseño del proceso		Outputs
<p>1 Información sobre bienes y servicios</p> <ul style="list-style-type: none"> - Demanda - Precios/Volúmenes - Tendencias - Entorno competitivo - Deseos y necesidades de los clientes - Características deseadas para los productos <p>2 Información sobre el sistema productivo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Disponibilidad de recursos - Economías de producción - Tecnologías conocidas - Tecnologías que se pueden adquirir - Fortalezas - Debilidades <p>3 Estrategia de operaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estrategias de posicionamiento - Armas competitivas necesarias - Asignación de recursos - Enfoque de las plantas 	<p>1 Selección del tipo de proceso</p> <ul style="list-style-type: none"> - Coordinado con las estrategias <p>2 Estudios de integración vertical</p> <ul style="list-style-type: none"> - Capacidad de los proveedores - Decisiones de adquisición - Decisiones de fabricar o comprar <p>3 Estudios de productos/procesos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pasos tecnológicos principales y secundarios - Simplificación de productos - Estandarización de productos 	<p>4 Estudios sobre equipos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nivel de automatización - Conexiones entre máquinas - Selección de equipos - Selección de herramientas <p>5 Estudios sobre procedimientos productivos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Secuencia de fabricación - Especificaciones de materiales - Necesidad de personal <p>6 Estudios sobre instalaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diseño de construcciones - Distribución de planta 	<p>1 Procesos tecnológicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diseño de procesos - Vínculos entre procesos <p>2 Instalaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diseño del edificio - Distribución en planta - Selección de equipo <p>3 Estimaciones sobre necesidades de personal</p> <ul style="list-style-type: none"> - Necesidades de destreza - Tamaño de la plantilla - Necesidades de formación y readiestramiento - Necesidades de supervisión

El Método de Implantación de 'lean supply'
(Fuente: Elaboración propia)



Diseño y Gestión de Sistemas de Producción



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO EN INGENIERIA DE
PRODUCCION**

MODULO I: DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCION

TEMA

REINGENIERIA

**EXPOSITOR: M. EN I. LOURDES ARELLANO BOLIO
PALACIO DE MINERIA
SEPTIEMBRE DEL 2000**

REINGENIERÍA

Introducción

¿Cómo surgió el concepto de reingeniería de negocios y cómo desarrollamos una metodología para su ejecución? Hace unos diez años, empezamos a observar que unas pocas compañías habían mejorado espectacularmente su rendimiento en una o más áreas de su negocio cambiando radicalmente las formas en que trabajan. No habían cambiado el negocio a que se dedicaban sino que habían alterado en forma significativa los procesos que seguían en dichos negocios, o incluso habían cambiado totalmente los viejos procedimientos.

Al mismo tiempo, trabajamos activamente para ayudar a algunos de nuestros clientes a desarrollar nuevas técnicas que les permitieran sobrevivir -y hasta prosperar- en un clima competitivo cada vez más duro.

Con la reingeniería no se busca mejorar el negocio mediante avances incrementales; su meta es un salto de magnitud exponencial en rendimiento, una mejora del cien por ciento o aún diez veces mayor, que se puede alcanzar con procesos del trabajo y estructuras totalmente nuevas (orientación a procesos)

Nuestros empresarios, ejecutivos y gerentes crearon y dirigieron compañías que durante más de cien años correspondieron a la demanda siempre creciente de productos y servicios para un mercado masivo. Estos administradores y sus empresas fijaron las normas de desempeño para el resto del mundo de los negocios. Lamentablemente ya no es el caso.

La división de trabajo aumentó la productividad de los operarios que hacían alfileres por un factor de centenares. La ventaja, escribió Adam Smith, se debe a tres circunstancias distintas: en primer lugar el aumento de destreza de todos los obreros en segundo lugar, el ahorro de tiempo que suelen perderse pasando de una clase de trabajo a otra; y por último, al inventarlo de un gran número de máquinas que facilitan y acortan el trabajo y le permiten a un hombre hacer el trabajo de muchos

Los siguientes grandes pasos revolucionarios en el desarrollo de las organizaciones industriales modernas se dieron a principios del siglo XX y se debieron a dos pioneros del automóvil: Henry Ford y Alfred Sloan.

El modelo organizacional desarrollado en los Estados Unidos, se adoptó rápidamente en Europa y luego en el Japón, después de la Segunda Guerra Mundial. Habiéndose proyectado por un periodo de fuerte y creciente demanda, y por lo tanto de crecimiento acelerado, esta organización corporativa se acomodaba perfectamente a las circunstancias de la postguerra.

La actual crisis de competitividad global que afrontan las empresas no es el resultado de una recesión económica temporal ni de un punto bajo en el ciclo de los negocios. En el ambiente de hoy nada es constante ni previsible; ni crecimiento del mercado, ni demanda de los clientes, ni ciclo de vida de los productos, ni tasa de cambio tecnológico, ni naturaleza de la competencia. El mundo de Adam Smith y sus maneras de hacer negocios son el paradigma del ayer.

Tres fuerzas por separado y en combinación, están impulsando a las compañías a penetrar cada vez más en el territorio que para la mayoría de los ejecutivos y administradores es atterradoramente desconocido. Llamamos a estas fuerzas las tres Ces: Clientes, Competencia y Cambio.

Palabra clave: Radical.

Al hablar de reingeniería, rediseñar radicalmente significa destacar todas las estructuras y los procedimientos existentes e inventar maneras de realizar el trabajo. Rediseñar es reinventar el negocio, no mejorarlo o modificarlo.

Definición:

La reingeniería es el rediseño radical de procesos para alcanzar mejoras espectaculares bajo nuevos parámetros de eficiencia; tales como: calidad, servicio, costo y tiempo.

BENCHMARKING.

Proceso de comparación continua en una organización con lo mejor (de la competencia) que exista en el mundo, para mejorar la ejecución propia.
En un proceso de medición continuo y sistemático.

PRINCIPIO BÁSICO DE LA REINGENIERÍA

Estimular las actividades con valor agregado para el cliente, y transformar o eliminar las que no lo tienen

Que no es reingeniería

- ♣ Rediseñar mejoras continuas
- ♣ Reorganizar o reestructurar la compañía
- ♣ Implantar un programa de reducción de costos
- ♣ Otra estrategia de calidad
- ♣ Acelerar el proceso de automatización

La reingeniería implica un cambio radical con un enfoque totalmente innovador.

Objetivos de la reingeniería.

- ♣ Conducir el rediseño de los productos centrales y correlacionados con las metas estratégicas y los requerimientos del cliente.
- ♣ Identificar los puntos claves (cuellos de botella) para alcanzar resultados importantes.
- ♣ Establecer prioridades para crear un ambiente óptimo para el rediseño.
- ♣ Seguir alentando las mejoras continuas una vez aplicada la reingeniería, para que el proceso no se estanque

DIFERENCIAS FUNDAMENTALES ENTRE MEJORA CONTINUA Y REINGENIERÍA

Mejora continua.- Estableciendo las interrelaciones entre las variables causales, planteando el escenario deseado (Benchmarking) y definiendo como alcanzar los objetivos y metas establecidos; respetando los principios operativos y organizacionales vigentes.

EL CAMBIO SE VUELVE CONSTANTE

Con la globalización de la economía las compañías se van ante un número mayor de competidores, cada uno de los cuales puede introducir en el mercado innovaciones de productos y servicios. La rapidez del cambio tecnológico también promueve la innovación. Los ciclos de vida de los productos han pasado de años a meses.

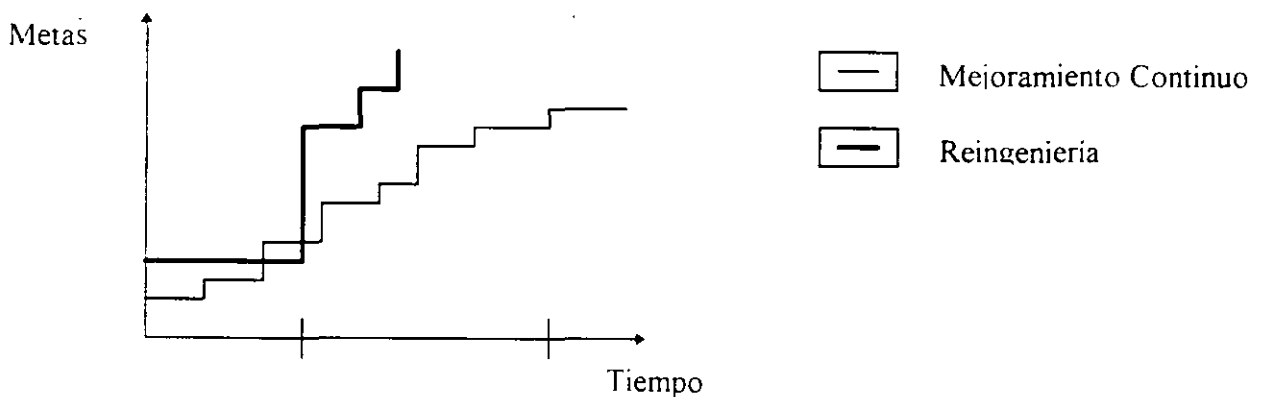
Las tres Ces - Clientes, Competencia y Cambio - han creado un nuevo mundo para los negocios y cada día se hace más evidente que organizaciones diseñadas para que funcionen en un ambiente no se puede arreglar para que funcionen en otro.

Si las compañías quieren volver a ser ganadoras tendrán que echar un vistazo a la manera de realizar su trabajo.

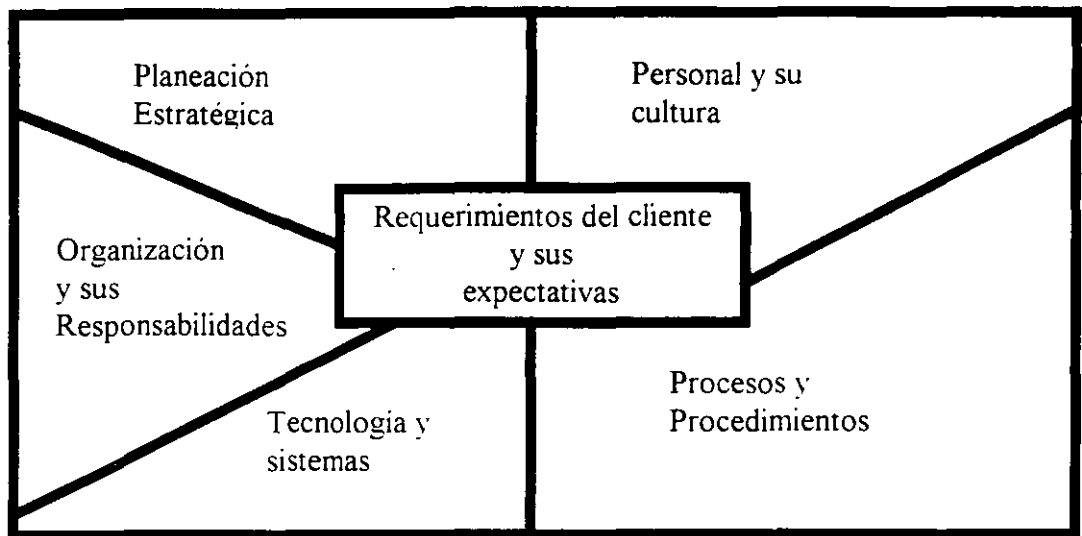
La reingeniería de negocios significa volver a empezar, arrancar de cero. Lo que importa en la reingeniería es como queremos organizar hoy el trabajo, dadas las exigencias de los mercados actuales y el potencial de las tecnologías actuales.

En la esencia de la reingeniería de negocios está la idea de pensamiento discontinuo: la identificación y el abandono de reglas y operaciones comerciales anticuadas.

Rediseño de procesos.- Por medio del rediseño de procesos, realizando cambios radicales en la cultura organizativa y en la operación para alcanzar el escenario deseado en el corto plazo



ENFOQUE DE LA REINGENIERÍA



El mundo de la revolución industrial, está cediendo el campo a una economía global, a poderosas tecnologías informáticas y a un cambio inexorable. Se inicia la edad de la reingeniería. Los que respondan a su llamada escribirán las nuevas reglas de los negocios, todo lo que se necesita es voluntad de triunfar y valor para empezar.

CONSIDERACIONES FUNDAMENTALES

ESTRATEGIA COMERCIAL:	Entender el mercado y la competencia.
PERSONAS Y SU CULTURA:	Actitudes y aptitudes, habilidades y pretensiones.
ACTIVIDADES Y PROCESOS:	Capacidad de operación y manejo de información.
ORGANIZACIÓN:	Relaciones personales.
CLIENTE	Características y funciones del producto, calidad del mismo

LOS CLIENTES ASUMEN EL MANDO

A partir de los primeros años 80 en Estados Unidos y en otros países desarrollados, la fuerza dominante en la relación vendedor-cliente ha cambiado. Los que mandan ya no son los vendedores son los clientes. Hoy los clientes les dicen a los proveedores qué es lo que quieren, cuándo lo quieren y cuánto pagarán.

LA COMPETENCIA SE INTENSIFICA

Los competidores de nicho han cambiado la faz de todos los mercados. Se venden artículos similares en distintos mercados sobre bases competitivas totalmente distintas: con un mercado con base en el precio, otro con base en la selección, aquí con base en la calidad y más allá con base en la calidad antes o después de la venta o durante de ella. Ya no basta ofrecer un producto o servicio satisfactorio. Si una compañía no puede plantarse hombro a hombro con la mejor del mundo en una categoría competitiva, pronto no tendrá donde pararse.

CULTURA DE LA REINGENIERÍA

El cambio de la cultura en la organización de mando por la reingeniería

De:

A:

- | | |
|---------------------------------|--|
| ✦ Evitar riesgos | ✦ Tomar riesgos |
| ✦ Miedo al error | ✦ Aprender de la experiencia |
| ✦ Enfoque endógeno | ✦ Enfoque hacia el cliente, la experiencia y los proveedores |
| ✦ Atención al procedimiento | ✦ Atención a resultados |
| ✦ Decisiones verticales | ✦ Estimular decisiones grupales |
| ✦ Análisis excesivos | ✦ Actitud hacia la acción |
| ✦ Enfoque en el corto plazo | ✦ Visión a largo plazo |
| ✦ Enfocando a las funciones | ✦ Enfocado a los procesos |
| ✦ Metas en términos financieros | ✦ Metas en términos de valor agregado y servicio al cliente |

SIGNIFICADO PARA LA ORGANIZACIÓN

- ✦ Reemplazar estructuras obsoletas.
- ✦ Remover líneas de mando
- ✦ Cambio en el papel de los trabajadores empleados
- ✦ Necesidades de asumir retos
- ✦ Remover barreras organizacionales
- ✦ Nuevo sistema de estímulos y compensaciones
- ✦ Actitud de compromiso

Fase 1: PLANTEAMIENTOS INICIALES

Objetivo de un proyecto de reingeniería

Lograr compañías expeditas, ágiles, flexibles, diligentes, competitivas, innovadoras, eficientes, enfocadas al cliente y rentables.

HORIZONTE DE PLANEACIÓN

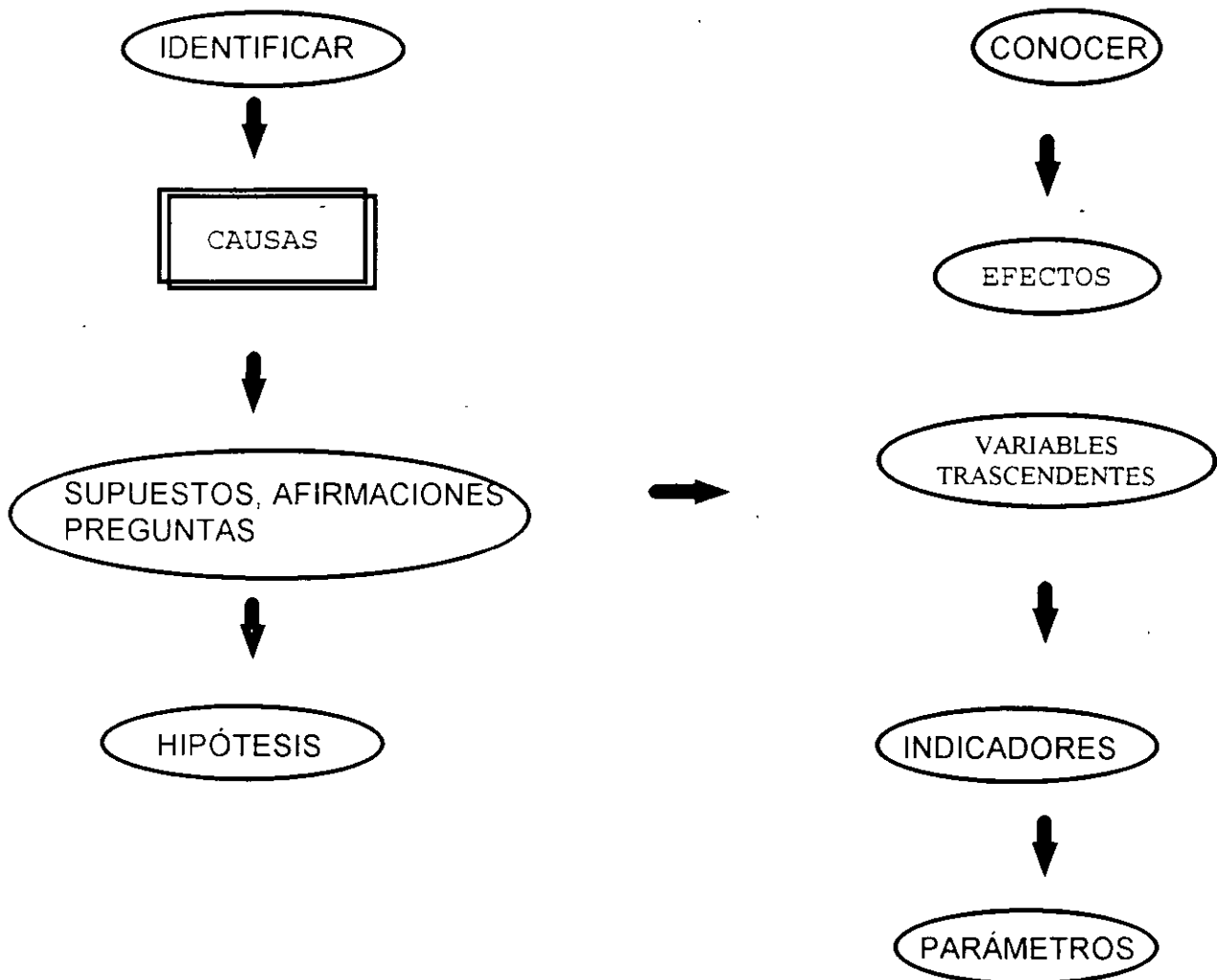
Fecha preliminar para la consecución del objetivo focal.

RESTRICCIONES INICIALES

Visualización de posibles restricciones, generalmente de tipo legal.

FASE 2: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

EL PROBLEMA



FASE 3: IDENTIFICACIÓN DEL PROCESO

¿ Cómo identificar un proceso ?

- 1.- Conocer la entrada y la salida de una actividad
- 2.- Identificar los puntos claves (cuellos de botella, etc.) de la actividad.
- 3.- Identificar las actividades que agreguen valor al cliente.
- 4.- Identificar las actividades sin valor agregado al cliente, inevitables.
- 5.- Identificar las actividades sin valor agregado al cliente, innecesarias.
- 6.- Agrupar actividades que persigan un mismo objetivo.

CUESTIONAMIENTO PARA SABER SI UNA ACTIVIDAD AGREGA VALOR O NO

- ♣ Si la tarea no puede ser eliminada, cambiada y/o combinada, ¿puede ser simplificada?
- ♣ ¿Puede una tarea ser eliminada sin afectar la calidad del producto o servicio?
- ♣ ¿Es esta tarea necesaria para el cliente?

¿ CÓMO SE REDISEÑA UN PROCESO?

- 1 - Se eliminan o reducen las actividades que no agregan valor al cliente.
- 2 - Se construye el escenario deseado (Benchmark).
- 3 - Se hacen las mejoras correspondientes a los procesos a rediseñar.
- 4 - Se pone en marcha (implantar) el proceso rediseñado.

FASE 4: CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS

ESCENARIO DESEADO: BENCHMARK

Es una referencia o medida estándar para ser utilizada como comparación :

"LO MEJOR EN SU CLASE"

BENCHMARKING

Proceso de comparación continua en una organización con lo mejor (de la competencia) que exista en el mundo, el país, la ciudad, el municipio, la colonia para mejorar la ejecución propia

Es un proceso de medición continuo y sistemático.

FASE 5: REDISEÑO DE PROCESOS

TECNOLOGÍA DE LA INFORMÁTICA

La aplicación de la tecnología de la informática al rediseño de procesos, requiere del razonamiento inductivo, o sea desarrollar la habilidad de primero detectar soluciones poderosas y después buscar algunos de ellos probablemente la empresa no sabe de su existencia.

Empleando la nueva tecnología de la informática, se tiende a eliminar las actividades que no agregan valor.

MÓVILES TÍPICOS PARA EL REDISEÑO DE PROCESOS

ACTIVIDADES SUSCEPTIBLES AL REDISEÑO



- | | |
|-----------------------------|--|
| ♣ Tiempo de entrega | ♣ Incremento del valor agregado |
| ♣ Inventarios | ♣ Mayor servicio al cliente |
| ♣ Mercadotecnia | ♣ Incremento en la participación en el mercado |
| ♣ Programa de calidad | ♣ Elevar la productividad |
| ♣ Distribución de áreas | |
| ♣ Requisiciones | |
| ♣ Administración y finanzas | |
-

FASE 6: EJECUCIÓN, SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN

SEGUIMIENTO:

Prerrequisito de la evaluación.

Observación sistemática del comportamiento de los procesos rediseñados.

EVALUACIÓN:

Comparación sistemática de resultados contra objetivos.

EQUIPO DE PROCESO

Determinación de las causas del no cumplimiento, remitiéndose a cualquier punto del proceso.

EL PAPEL DEL LÍDER

- ♣ Organiza y coordina al equipo de reingeniería
- ♣ Motiva y mantiene los trabajos del equipo
- ♣ Provee los requerimientos de asistencia externa
- ♣ Remueve barreras
- ♣ Concilia en conflictos
- ♣ Promueve los éxitos del equipo

EL EQUIPO DEL COORDINADOR

- ♣ Auxilia al líder a afrontar lo desconocido
- ♣ Verifica el correcto uso de las herramientas y el equipo
- ♣ Establece las reglas de trabajo
- ♣ Toma decisiones con respecto a las actividades
- ♣ Responsable del rediseño de un proceso

CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO DE REINGENIERÍA

- ♣ Interés en el proceso
- ♣ Conocimiento sobre el negocio (personal interno)
- ♣ Innovadores, visionarios, (personal externo)
- ♣ Participantes activos en todo el proceso
- ♣ Responsables
- ♣ Comunicativo de sus éxitos

ELEMENTOS QUE ASEGURAN EL EXITO DEL EQUIPO DE PROCESO

- ♣ Clara asignación de responsabilidades
- ♣ Comunicación abierta y objetiva
- ♣ Participación mixta: personal interno y externo
- ♣ Apoyo de la dirección
- ♣ Uso correcto de la tecnología y herramientas
- ♣ Comunicar los éxitos alcanzados

ELEMENTOS CON VALOR PARA EL CLIENTE:

CALIDAD:

- ✦ Satisfacer las necesidades del cliente
- ✦ Utilidad de uso
- ✦ Variabilidad mínima(normas)
- ✦ Mejoras continuas

SERVICIO:

- ✦ Apoyos al cliente
- ✦ Servicios asociados al producto
- ✦ Apoyos adicionales al producto
- ✦ Flexibilidad para satisfacer las demandas del cliente
- ✦ Flexibilidad para satisfacer las necesidades del mercado

COSTO:

- ✦ Ingeniería de diseño
- ✦ Garantía de calidad
- ✦ Distribución
- ✦ Administración
- ✦ Inventarios
- ✦ Materiales
- ✦ Producción

TIEMPO:

- ✦ Tiempo de entrega
- ✦ Respuesta a las fuerzas de mercado
- ✦ Ciclo del procesamiento de una orden

IMPACTO EN LA PRODUCCION

- ✦ Diferente forma de organización de la producción (líneas de producción - lay out)
- ✦ Integración de la excesiva división del trabajo
- ✦ Evitar la monotonía y el trabajo repetitivo.
- ✦ Facultar a los trabajadores para la toma de decisiones.
- ✦ Reducción al mínimo de los puntos de control y supervisión.

IMPACTO EN LA ADMINISTRACION

- ✦ El rediseño de procesos se genera de los niveles altos de la empresa, hacia abajo.
- ✦ Los gerentes deben convertirse en líderes.
- ✦ La administración no debe manejarse solo con base en números, sino en la efectividad de los procesos.
- ✦ El rediseño de procesos demanda una nueva estructura organizacional.
- ✦ Revisión de las actividades centralizadas versus las descentralizadas.

LA MAYOR PARTE DE LOS ERRORES QUE LLEVAN A LAS EMPRESAS AL FRACASO EN REINGENIERIA, SON:

- ✦ Tratar de corregir un proceso en vez de cambiarlo: necesidad radical de cambio.
- ✦ Confundir procesos con funciones departamentales y/o divisionales concentrarse en los procesos
- ✦ No olvidarse de los movimientos tradicionales de mejora continua: la reingeniería provoca: rediseño para calificar oficios; nuevas e innovadoras políticas de remuneración y promoción; programas de capacitación con enfoques creativos e innovadores; criterios de contratación de personal.
- ✦ No hacer caso de los trabajadores y creencias de los empleados: los que trabajan en un proceso rediseñado son necesariamente personas facultadas.
- ✦ Conformarse con resultados de poca importancia: la reingeniería busca avances trascendentales
- ✦ Abandonar el esfuerzo antes de tiempo: la reingeniería requiere del compromiso absoluto de todas las personas involucradas hasta el final
- ✦ Limitar de antemano la definición del problema y el alcance del esfuerzo de reingeniería: la reingeniería tiene que sentirse destructiva y no cómoda.
- ✦ Dejar que las culturas y las actitudes corporativas existentes impidan que empiece la reingeniería: la reingeniería es el único camino para que las compañías rediseñadas permanezca en el mercado.
- ✦ Tratar que la reingeniería se haga de abajo hacia arriba: debe iniciarse en la alta dirección.
- ✦ Confiarle el liderazgo a una persona que no entienda la reingeniería el líder debe entenderla y comprometerse con ella.
- ✦ Escatimar los recursos destinados a la reingeniería: tiempo y los mejores elementos de la empresa.

El objetivo de la reingeniería de procesos es el entendimiento de como funciona el negocio e identificar oportunidades de innovación para el logro de mejoras integrales

ENTENDER EL NEGOCIO

- ✦ Visión, estrategia y objetivos de la organización y de las unidades y funciones individuales
- ✦ El objetivo y costo estratégico de sus principales procesos básicos
- ✦ La relación interfuncional de procesos.
- ✦ La efectividad en el servicio a los clientes de cada proceso y subproceso.

IDENTIFICAR OPORTUNIDADES DE INNOVACION.

- ♣ Obteniendo: reducciones radicales en costo, mejoras impactantes en calidad y servicio.
- ♣ Previendo: cambios estructurales, organizacionales y tecnológicos.

ESENCIAS DE LA REINGENIERA.

- ♣ Orientación a procesos
- ♣ Uso creativo de la tecnología de información
- ♣ Cuestionar reglas tradicionales de operación:

"Las decisiones de crédito son hechas por el departamento de crédito...."

"Se necesita inventario local para ofrecer un buen servicio...."

"Las formas deben ser llenadas completamente y en orden..."

"Ambos capturamos, procesamos y luego conciliamos..."



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN

MODULO I: DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

TEMA

REINGENIERÍA (ANEXO)

**EXPOSITOR: M. en I. LOURDES ARELLANO BOLIO
PALACIO DE MINERIA
SEPTIEMBRE DEL 2000**

DEFINICIÓN

LA REINGENIERÍA ES EL REDISEÑO RADICAL DE PROCESOS PARA ALCANZAR MEJORAS ESPECTACULARES BAJO NUEVOS PARÁMETROS DE EFICIENCIA ; TALES COMO : CALIDAD, SERVICIO, COSTO Y TIEMPO.

PRINCIPIO BÁSICO DE LA REINGENIERÍA

ESTIMULAR LAS ACTIVIDADES CON VALOR AGREGADO PARA EL CLIENTE Y TRANSFORMAR O ELIMINAR LAS QUE NO LO TIENEN.

QUE NO ES REINGENIERÍA

- REALIZAR MEJORAS CONTINUAS
- REORGANIZAR O REESTRUCTURAR LA COMPAÑÍA
- IMPLEMENTAR UN PROGRAMA DE REDUCCIÓN DE COSTOS
- OTRA ESTRATEGIA DE CALIDAD
- ACELERAR EL PROCESO DE AUTOMATIZACIÓN

LA REINGENIERÍA IMPLICA UN CAMBIO RADICAL CON UN ENFOQUE TOTALMENTE INNOVADOR

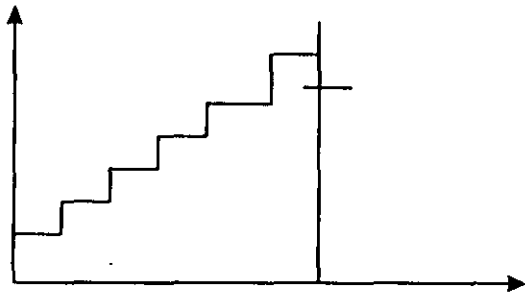
OBJETIVOS DE LA REINGENIERÍA

- CONDUCIR EL REDISEÑO DE LOS PROCESOS CENTRALES Y CORRELACIONARLOS CON LAS METAS, ESTRATEGIAS Y LOS REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE.
- IDENTIFICAR LOS PUNTOS CLAVE (CUELLOS DE BOTELLA) PARA ALCANZAR RESULTADOS IMPORTANTES.
- ESTABLECER PRIORIDADES PARA CREAR UN AMBIENTE OPTIMO PARA EL REDISEÑO.

MEJORAMIENTO CONTINUO VS REINGENIERÍA

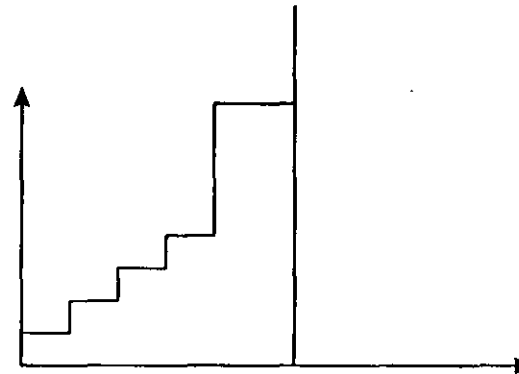
MEJORAMIENTO CONTINUO

ESTABLECIENDO LAS INTERRELACIONES ENTRE LAS VARIABLES CAUSALES, PLANTEANDO EL ESCENARIO DESEADO Y DEFINIENDO COMO ALCANZAR LOS OBJETIVOS Y METAS ESTABLECIDOS; RESPETANDO LOS PRINCIPIOS OPERATIVOS Y ORGANIZACIONALES VIGENTES.

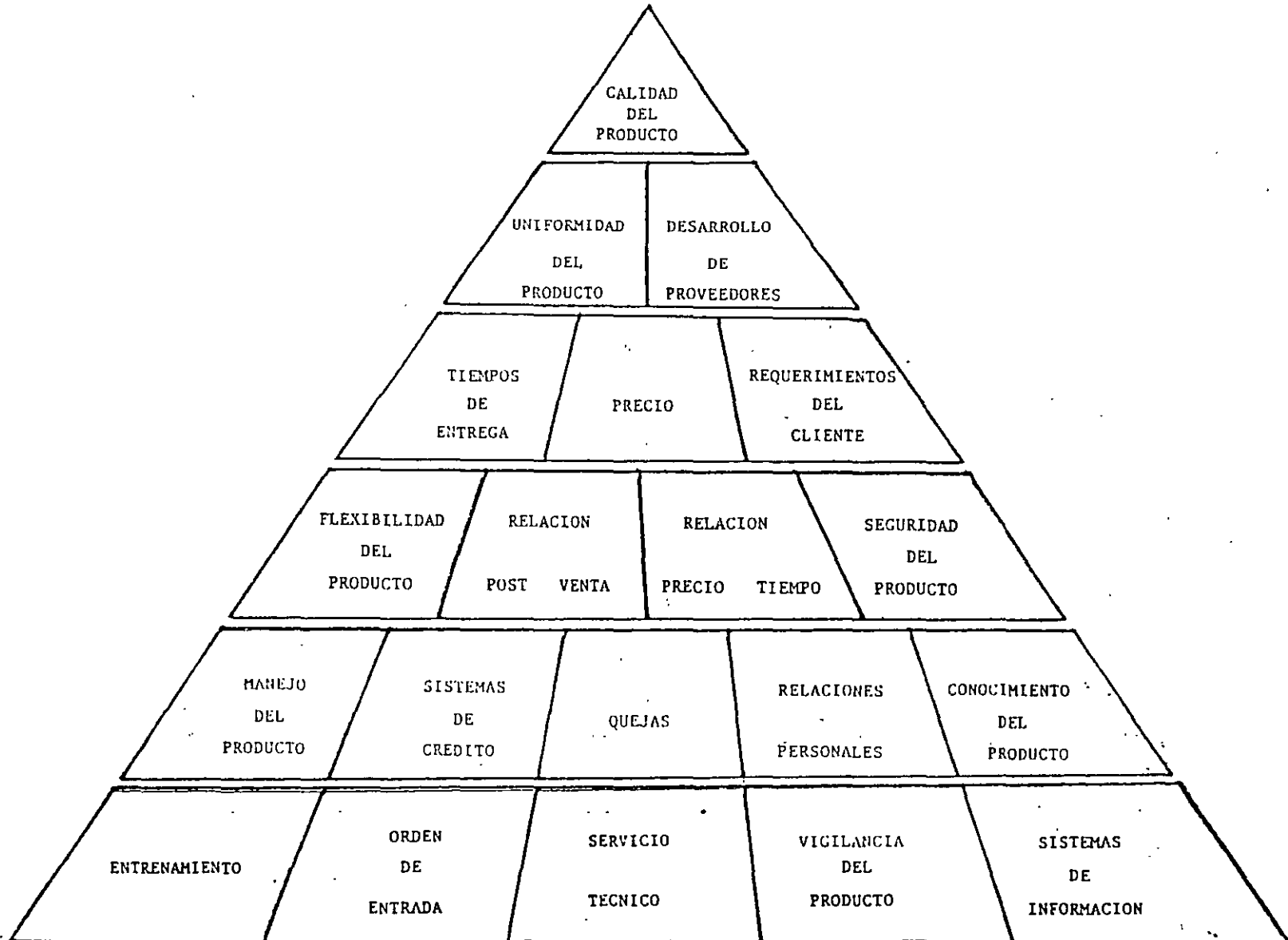


REDISEÑO DE PROCESOS

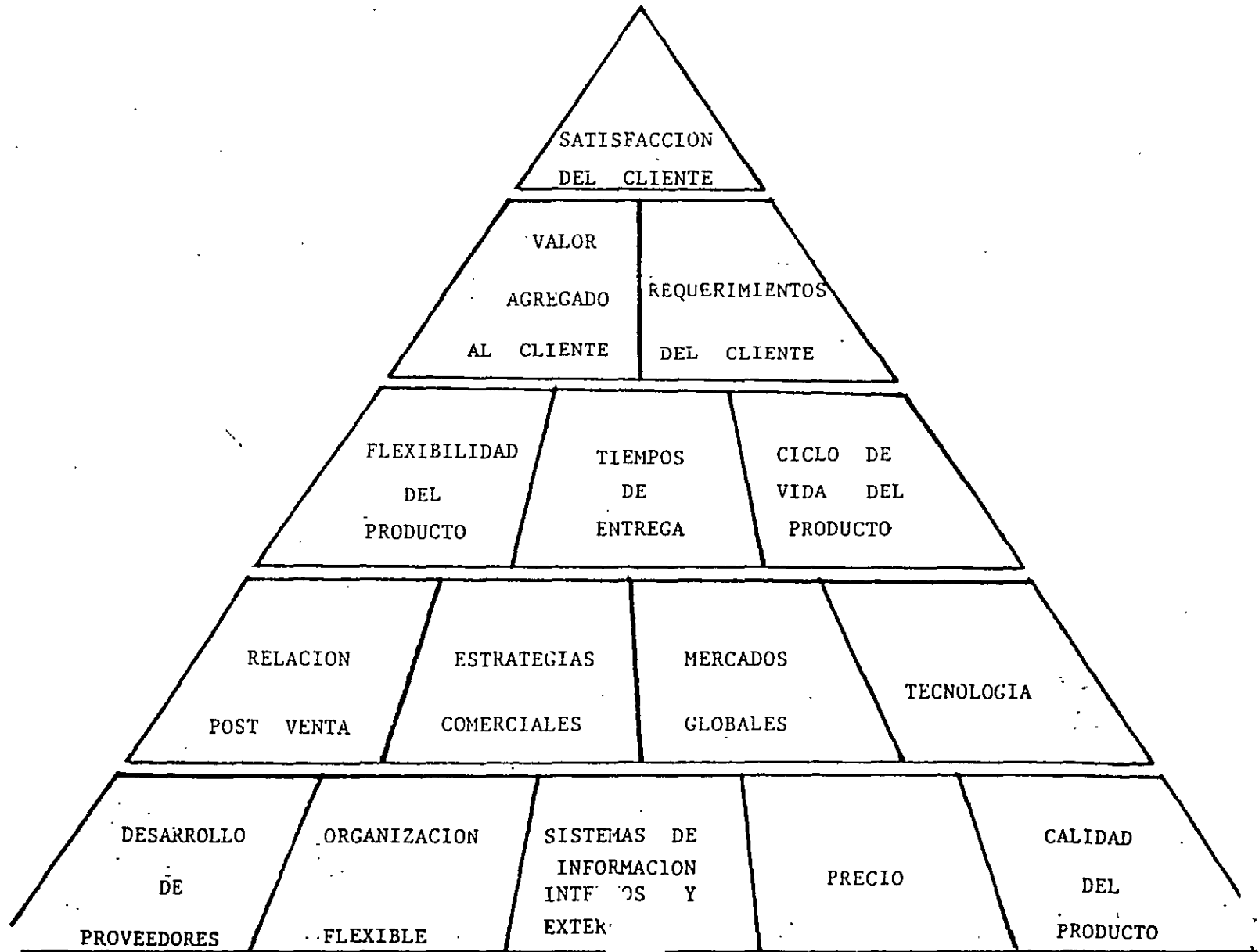
POR MEDIO DEL REDISEÑO DE PROCESOS, REALIZANDO CAMBIOS RADICALES EN LA ESTRUCTURA ORGANIZATIVA Y EN LA OPERACIÓN PARA ALCANZAR EL ESCENARIO DESEADO EN EL CORTO PLAZO.



MEJORA CONTINUA



REDISEÑO DE PROCESOS



EL MÉTODO DE REINGENIERÍA : UN RESUMEN

Fase I: Preparación del cambio

1. La alta dirección explora el proceso de reingeniería.
 - Educar a la dirección sobre el proceso de reingeniería y la necesidad de cambiar
 - Crear un comité de dirección de reingeniería
 - Desarrollar un plan inicial de acción
 -
2. Preparar a la fuerza de trabajo para el compromiso y el cambio

Fase II: Planeación del cambio

3. Crear una visión, una misión y principios rectores.
 - Identificar las competencias esenciales
 - Desarrollar una declaración de visión
 - Desarrollar una declaración de misión
 - Determinar los principios rectores

4. Desarrollar un plan estratégico de tres a cinco años
 - Llevar a cabo una revisión de la empresa en la actualidad
 - Determinar los factores externos del entorno
 - Llevar a cabo una revisión de la salud interna
 - Desarrollar pronósticos sobre la empresa tal como está.
 - Llevar a cabo un análisis de vacíos

5. Desarrollar planes actuales de operación o trascendentales
 - Desarrollar objetivos de operación
 - Organizar recursos
 - Asignar prioridades a los cambios potenciales
 - Desarrollar presupuestos y planes operacionales de una año
 - Aplicar y evaluar los planes operacionales

Fase III: Diseño del cambio

6. Identificar los procesos actuales de la empresa

- Determinar los procesos organizacionales críticos
- Medir los procesos críticos
- Clasificar el desempeño de los procesos
- Identificar oportunidades y el proceso al que se aplicará la reingeniería
-

7. Establecer el alcance del proceso y el proyecto de diagramación

- Identificar a los responsables del proceso
- Crear la misión y metas del proyecto
- Estructurar y seleccionar a los miembros del equipo
- Desarrollar un plan de trabajo
-

8. Combinar y analizar el proceso

- Describir el proceso en flujograma
- Describir el proceso en un diagrama integrado de flujo
- Completar la hoja de trabajo de diagramación del proceso
- Completar el análisis de limitantes del proceso
- Complete el análisis de factores culturales
-



9. Crear el proceso ideal

- Describir el proceso ideal en papel
- Comparar el proceso actual contra el ideal
- Evaluar las diferencias
-

10. Probar el nuevo proceso

- Desarrollar objetivos piloto
- Desarrollar mediciones piloto
- Lograr la aprobación y consenso de los responsables
- Llevar a cabo una prueba piloto del nuevo proceso
- Evaluar el impacto de la prueba piloto

11. Implantar el nuevo proceso

- Desarrollar un plan de acción para la implantación
- Ejecutar el plan

Fase IV: Evaluación del cambio

12. Revisión y evaluación del avance

- Evaluación de las mediciones organizacionales
- Hacer que el comité de dirección evalúe los resultados
- Revisar el plan estratégico de tres a cinco años, de ser necesario

13. Repetir el anual de planeación operacional y trascendental.

•

●

ESTRATEGIA CORPORATIVA

MEJORAR RENTABILIDAD

PLANEACIÓN ESTRATÉGICA

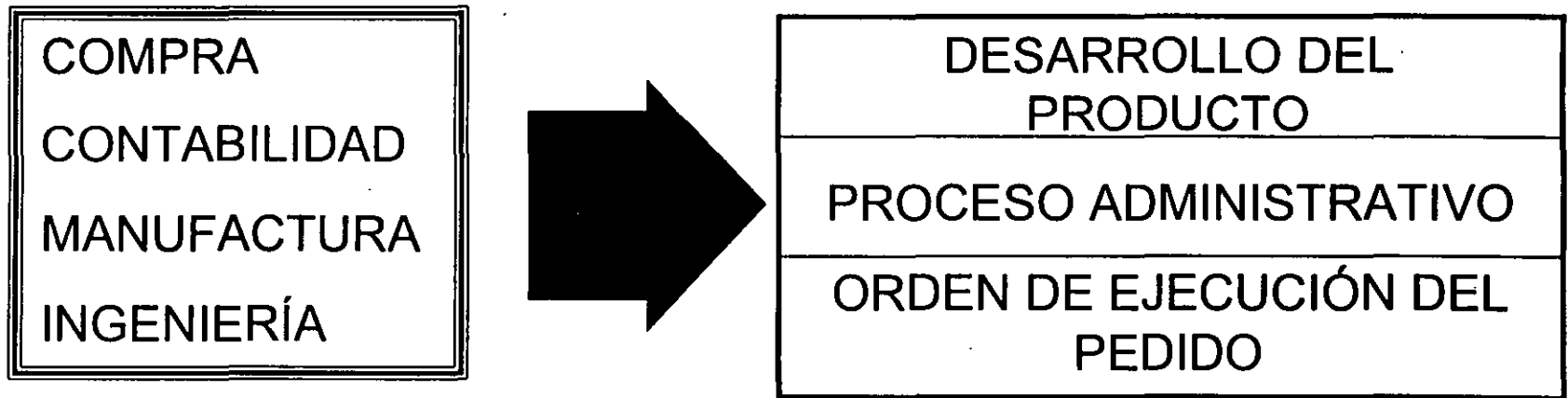
- MEJORA CONTINUA
- HACER LOS MEJOR POSIBLE LO QUE SE HACE
- INTEGRAL, VISIÓN HOLÍSTICA
- DESARROLLO DE UN MODELO CONCEPTUAL
- INFORMÁTICA
- ANÁLISIS DEDUCTIVO
- TRANQUILIDAD EN EL PERSONAL
- RESPETO A LA ESTRUCTURA JERARQUIZADA

VALOR AGREGADO

REDISEÑO DE PROCESOS

- CAMBIOS RADICALES
- HACER LAS COSAS DE OTRA MANERA
- VISIÓN -PROCESOS
- HOLÍSTICA- INDEPENDIENTES
- ENTENDER LOS PROCESOS
- TECNOLOGÍA DE LA INFORMÁTICA RESPONSABLE
- AMÁLISIS INDUCTIVO
- GENERA INQUIETUD
- NUEVA ESTRUCTURA ORGANIZATIVA
-

UN NUEVO ENFOQUE



LA REINGENIERÍA DEBE ENFOCARSE



EL MUNDO DE LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL, ESTA CEDIENDO EL CAMPO A UNA ECONOMÍA GLOBAL, A PODEROSAS TECNOLOGÍAS INFORMÁTICAS Y A UN CAMBIO INEXORABLE. SE INICIA LA EDAD DE LA REINGENIERÍA, LOS QUE RESPONDAN A SU LLAMADA ESCRIBIRAN LAS NUEVAS REGLAS DE LOS NEGOCIOS, TODO LO QUE SE NECESITA ES VOLUNTAD DE TRIUNFAR Y VALOR PARA EMPEZAR.

CONSIDERACIONES FUNDAMENTALES

ESTRATEGIA COMERCIAL

PERSONAS Y CULTURA

ACTIVIDADES Y PROCESOS

TECNOLOGÍA Y SISTEMAS

ORGANIZACIÓN

CLIENTE

ENTENDER EL MERCADO Y LA
COMPETENCIA

ACTITUDES Y APTITUDES
HABILIDADES, PRETENSIONES

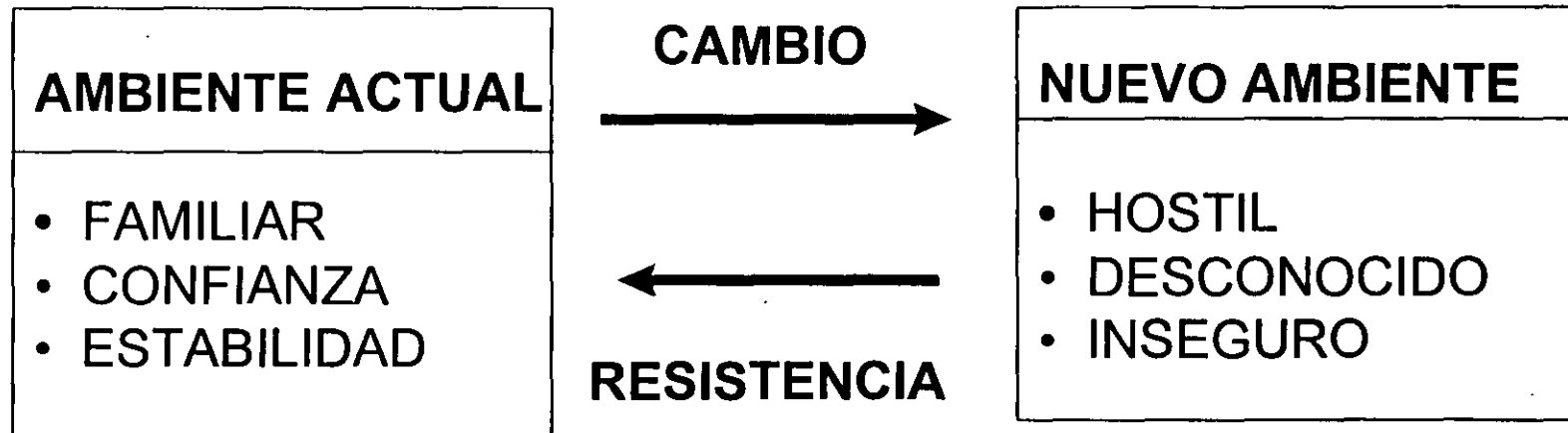
FLEXIBILIDAD DEL TRABAJO,
FLUJO DE LA INFORMACIÓN

CAPACIDAD DE OPERACIÓN Y
MANEJO DE INFORMACIÓN

RELACIONES PERSONALES

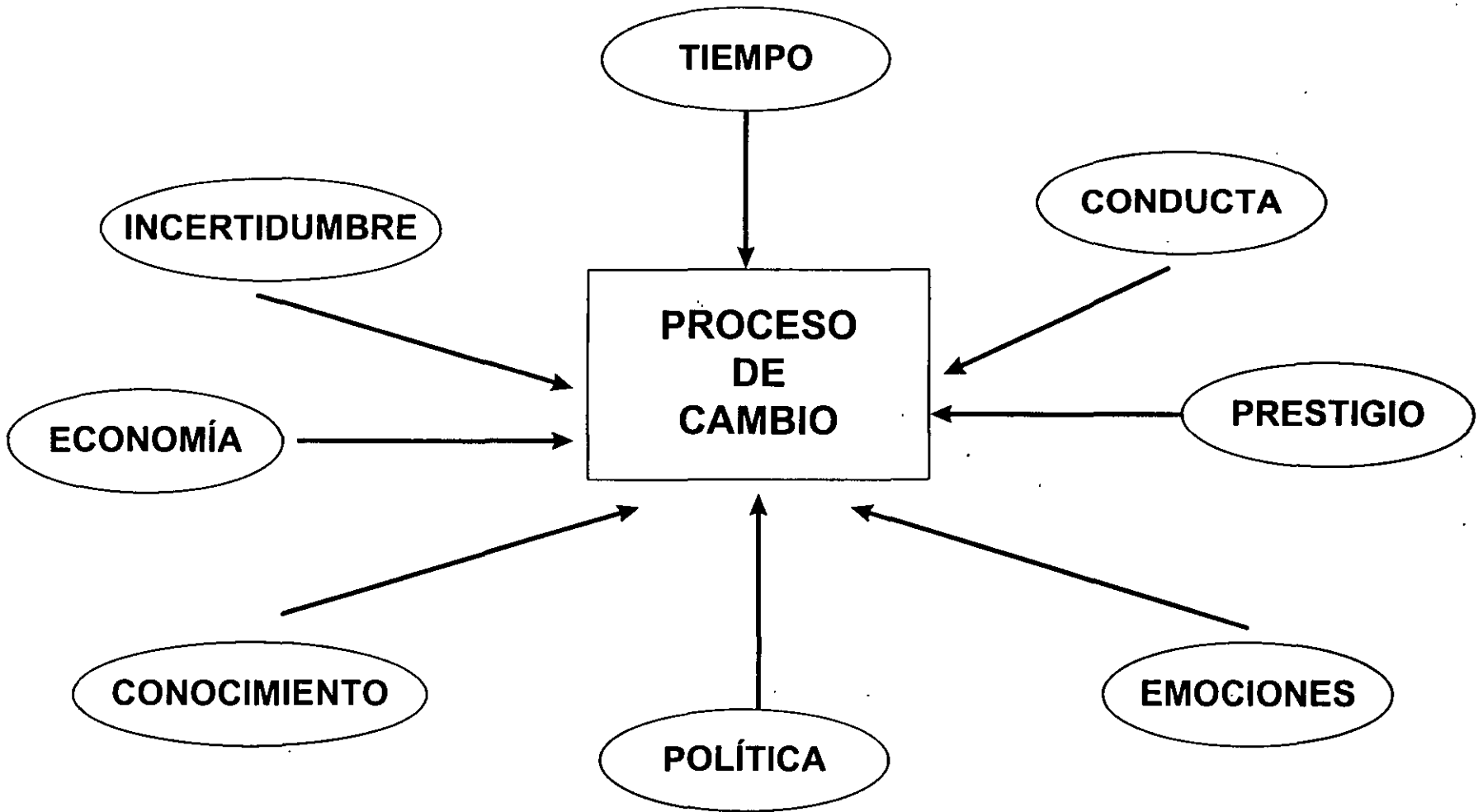
CARACTERÍSTICAS Y FUNCIO-
NES DEL PRODUCTO, CALIDAD
DEL MISMO

DIRECCIÓN DEL CAMBIO



- LOS CAMBIOS RADICALES GENERAN INCOMODIDAD, PERO ESTOS SON EL CAMINO DEL TRIUNFO.
- EL CAMBIO ENGENDRA CAMBIO, TANTO EN LA TECNOLOGÍA COMO EN EL PERSONAL.

VARIABLES QUE MOTIVAN LA RESISTENCIA



ACCIONES PARA MANEJAR EL CAMBIO

PORQUÉ RESISTENCIA

- DESCONCIERTO
- TEMOR A SER DESPLAZADO
- EXCESO DE TRABAJO

CAMINO A SEGUIR

- INVOLUCRAR A TODO EL PERSONAL EN LOS PROCESOS.
- PROVEER DE INFORMACIÓN
- TRANSMITIR LA VISIÓN Y MISIÓN DE LA EMPRESA
- PROVEER CAPACITACIÓN AL TRABAJADOR
- PROPORCIONAR RECONOCIMIENTOS Y APOYOS ECONÓMICOS

EL CAMBIO DE CULTURA EN LA ORGANIZACIÓN DEMANDADO POR LA REINGENIERÍA

- EVITAR RIESGOS
- MIEDO AL ERROR
- ENFOQUE ENDÓGENO
- ATENCIÓN AL PROCEDIMIENTO
- DECISIONES VERTICALES

- ANÁLISIS EXCESIVOS
- ENFOQUE EN EL CORTO PLAZO
- ENFOCADO A LAS FUNCIONES
- METAS EN TÉRMINOS FINANCIEROS

- TOMAR RIESGOS
- APRENDER DE LA EXPERIENCIA
- ENFOQUE HACIA EL CLIENTE
- ATENCIÓN A RESULTADOS

- ESTIMULAR LAS DECISIONES GRUPALES
- ACTITUD HACIA LA ACCIÓN
- VISION A LARGO PLAZO

- ENFOCADO A LOS PROCESOS
- METAS EN TÉRMINOS DE VALOR AGREGADO Y SERVICIO AL CLIENTE

ESTRUCTURA DE LOS SUBEQUIPOS CI&OM LCGM

EXTERNO	CLIENTE	INTERNO	CAMBIO
Referenciamiento de avances CI&OM	Necesidades ID (macro)	Medición de los resultados actuales	Evaluación de la cultura
	Necesidades ID (detalle)		Plan de desarrollo
Análisis del entorno	Dirección del cliente	Clasificar los subprocesos por categorías	Capacitación del equipo
Tendencias tecnológicas	Planeación de visitas al cliente	Modelado de procesos	Evaluación de los accionistas
Establecimiento de la métrica		Fuerzas y debilidades ID	Evaluación del desempeño del equipo del proyecto

SIGNIFICADO PARA LA ORGANIZACIÓN

- REEMPLAZAR ESTRUCTURAS OBSOLETAS
- REMOVER LÍNEAS DE MANDO
- CAMBIO EN EL PAPEL DE LOS TRABAJADORES Y EMPLEADOS
- NECESIDAD DE ASUMIR RETOS
- REMOVER BARRERAS ORGANIZACIONALES
- NUEVOS SISTEMAS DE ESTÍMULOS Y COMPENSACIONES
- ACTITUD DE COMPROMISO

El alcance de la administración del cambio

Posicionamiento

- Estrategia de mercado
- Datos del cambio
- Coordinación del cambio en toda la empresa
- Ambiente del cambio/ paradigma
- Modelos del negocio actual
- Identificación del proyecto de cambio

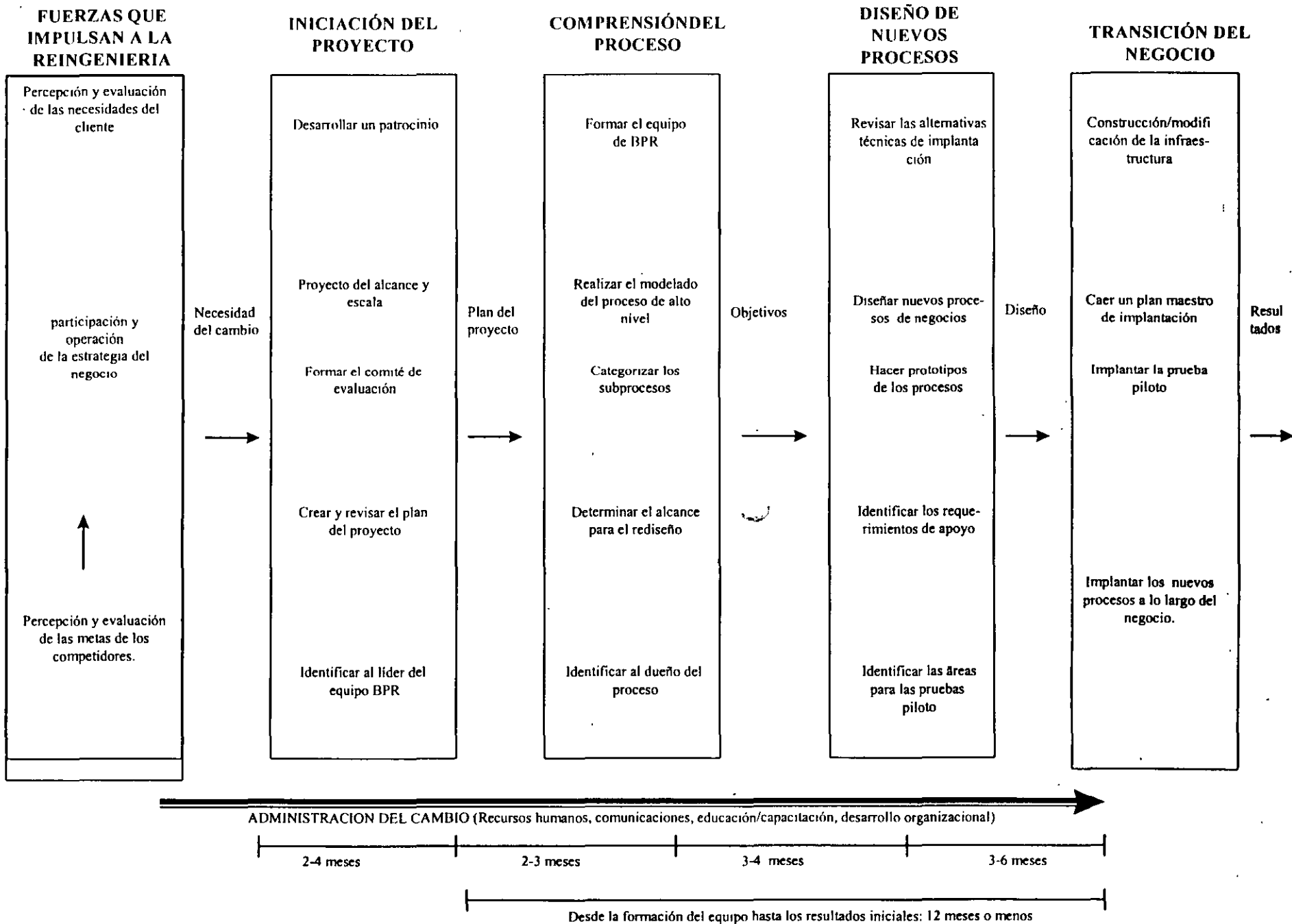
Administración del proyecto

- Recursos y planeación del equipo
- Presentación de informes del proyecto y planeación

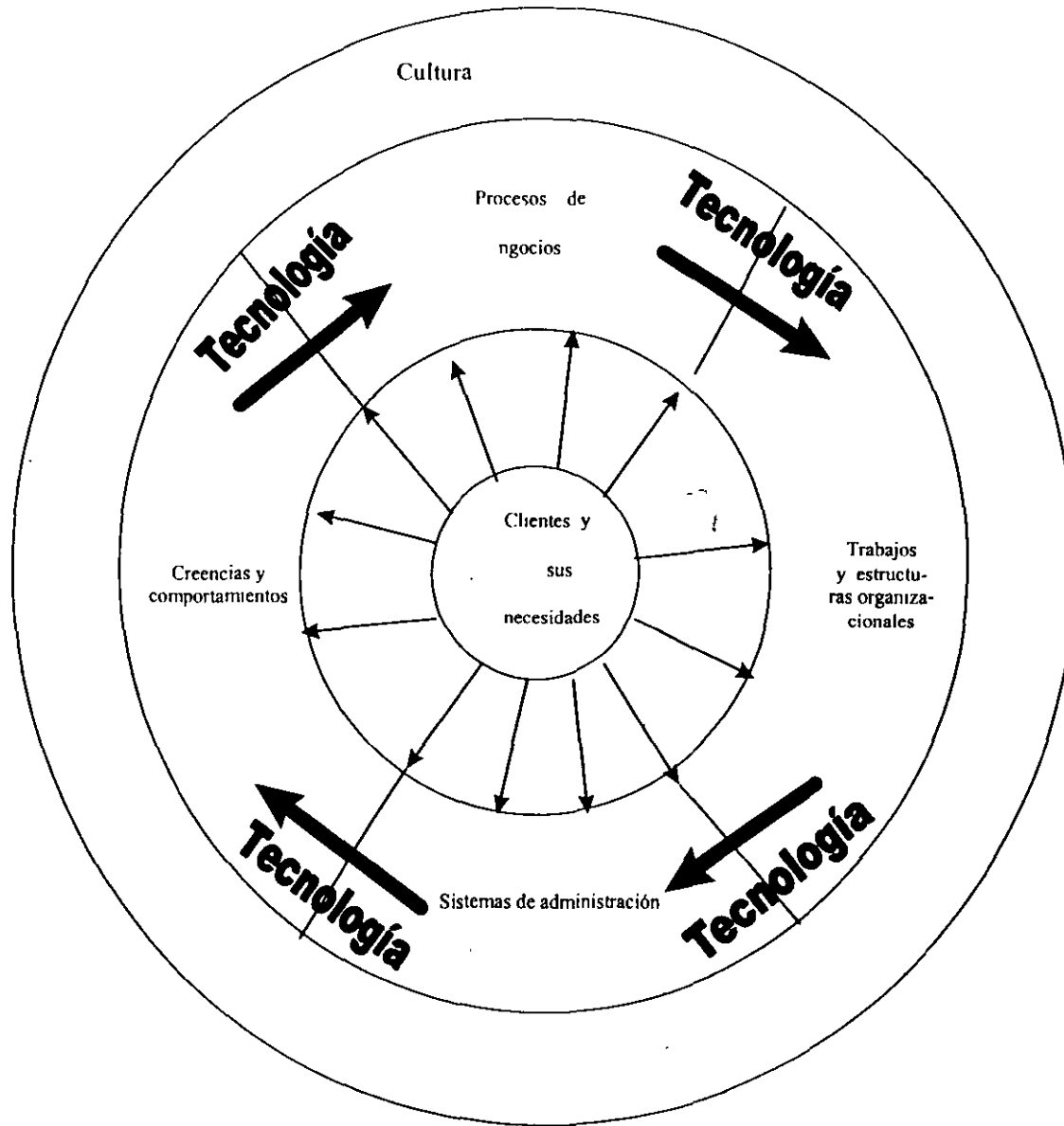
Reingeniería

- Analizar el impacto inicial
- Definir el alcance del proyecto
- Identificar funciones y procesos
- Definir alternativas
- Evaluar la mejor alternativa
- Seleccionar la mejor alternativa
- Implementar
- Actualizar los modelos

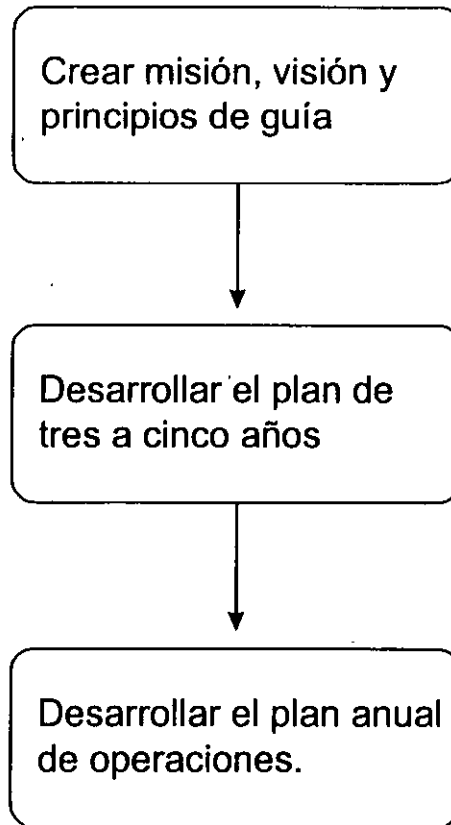
MARCO DE REFERENCIA RESUMIDO



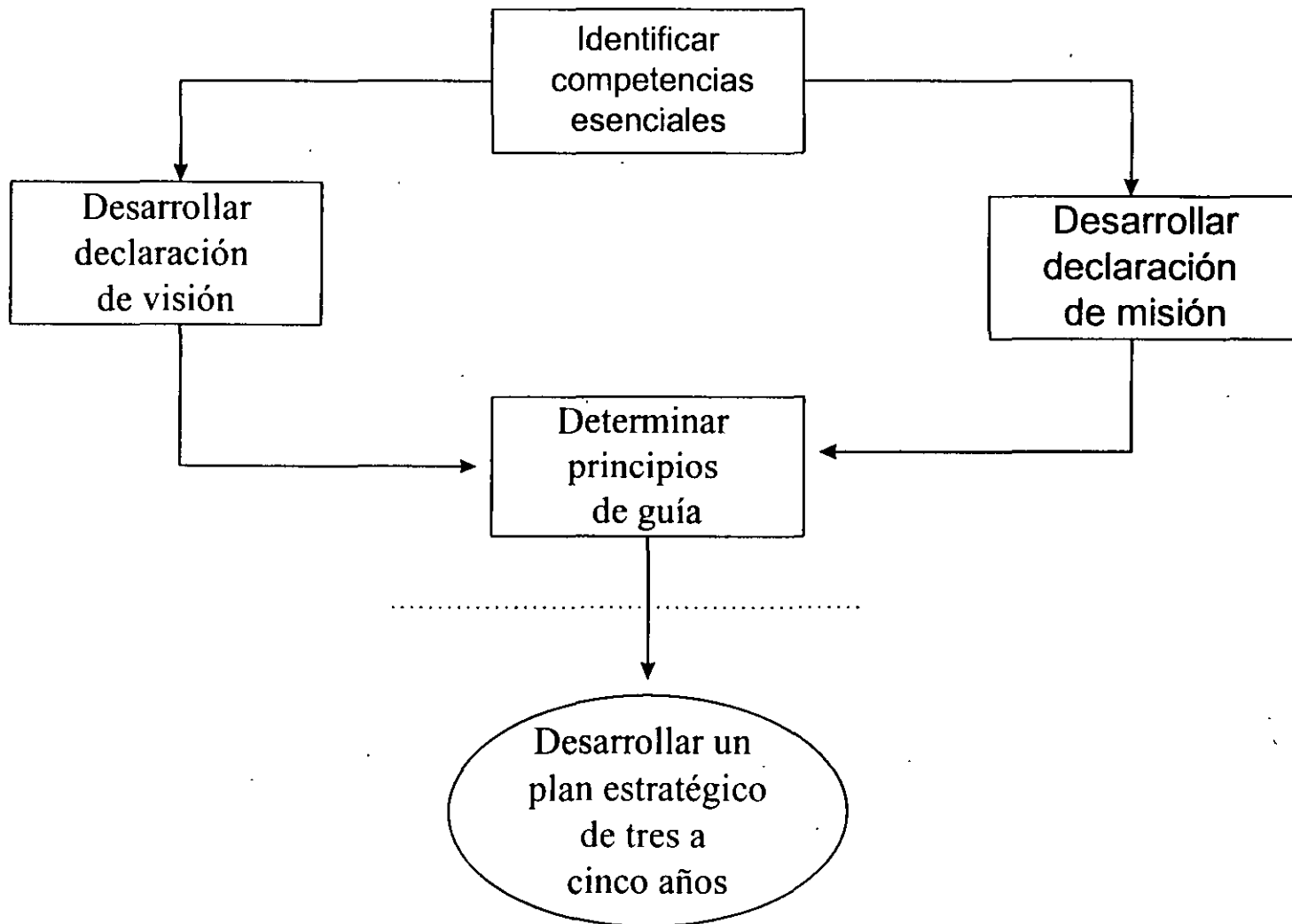
LA RUEDA DEL CAMBIO GLOBAL DE BPR



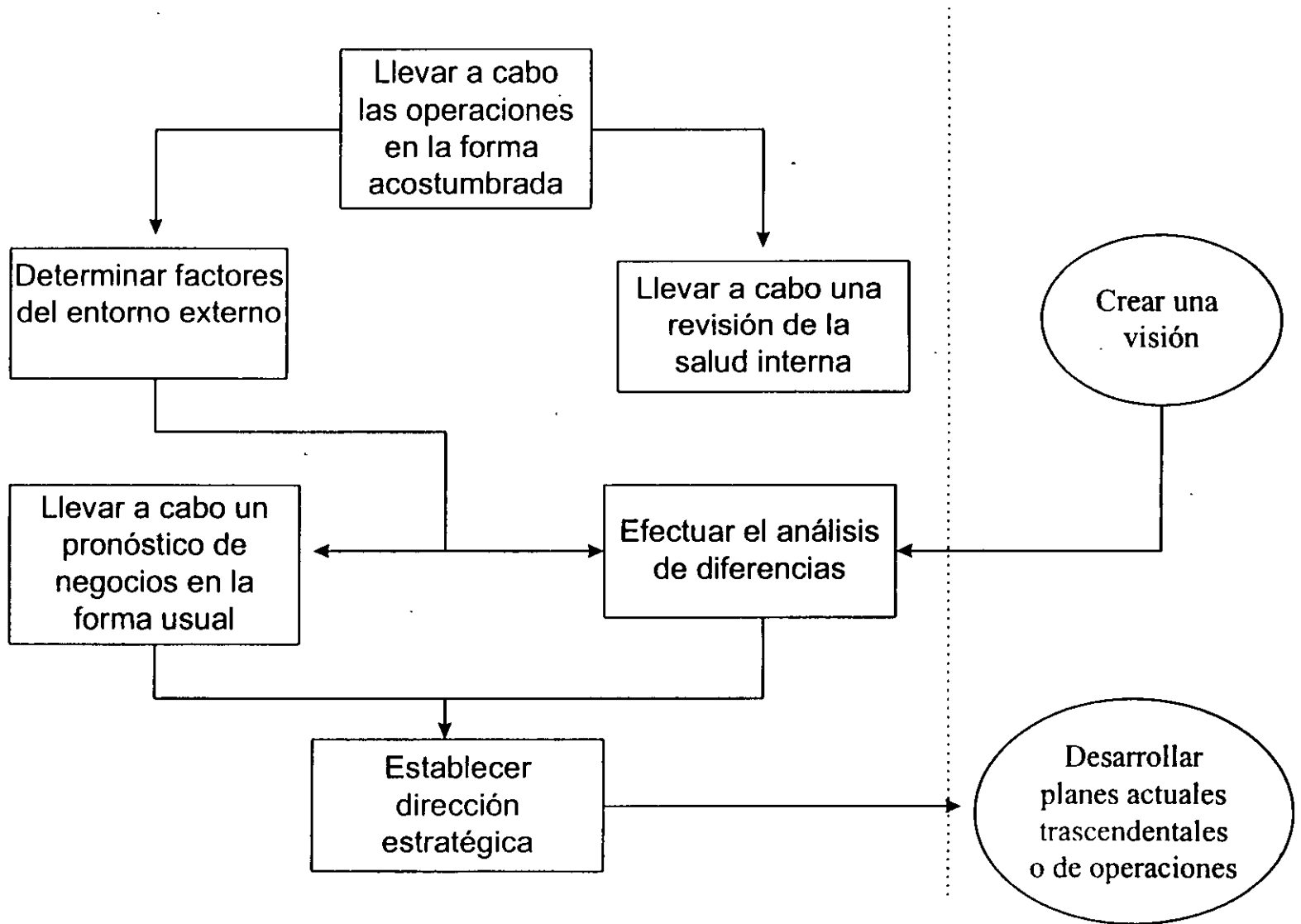
Pasos de reingeniería de la fase II



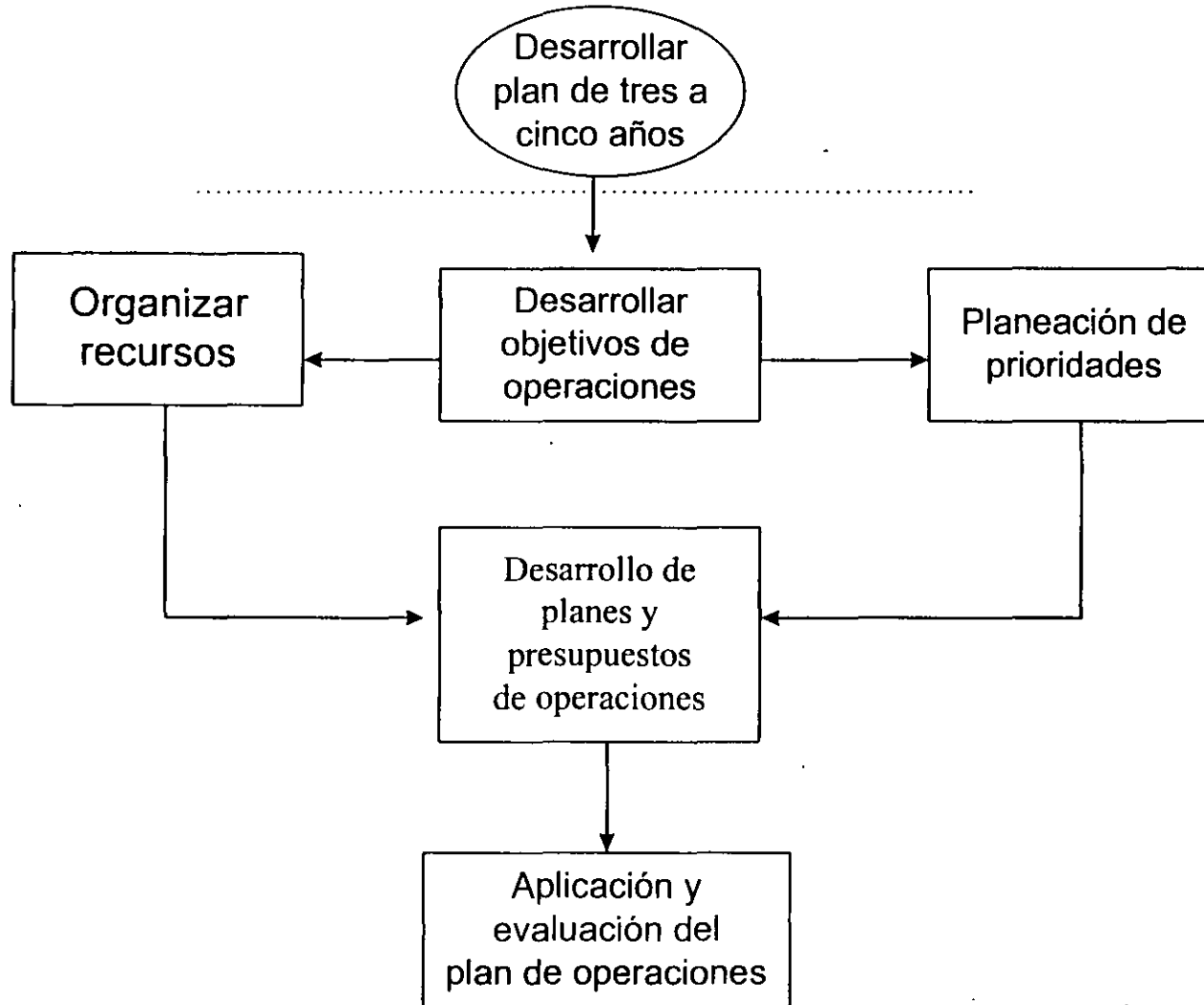
Creación de una visión



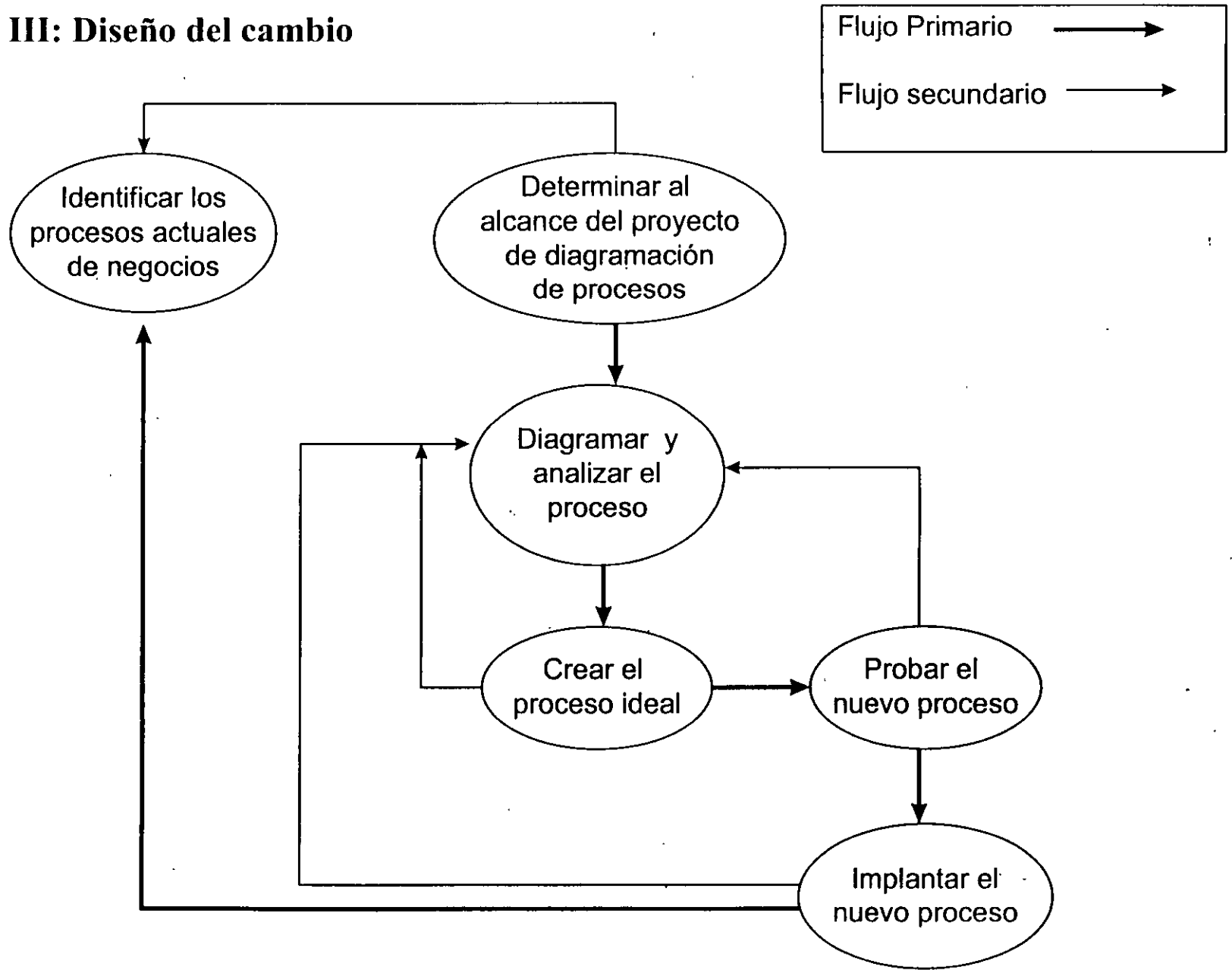
Desarrollo de un plan estratégico de tres a cinco años



Planeación de operaciones anuales



Fase III: Diseño del cambio



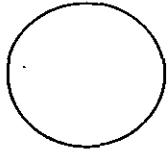
¿COMO IDENTIFICAR UN PROCESO?

- 1.- CONOCER LA ENTRADA Y LA SALIDA DE UNA ACTIVIDAD.
- 2.- IDENTIFICAR LOS PUNTOS CLAVE DE LA ACTIVIDAD
- 3.- IDENTIFICAR LAS ACTIVIDADES QUE AGREGUEN VALOR AL CLIENTE.
- 4.- IDENTIFICAR LAS ACTIVIDADES SIN VALOR AGREGADO AL CLIENTE, INEVITABLES.
- 5.- IDENTIFICAR LAS ACTIVIDADES SIN VALOR AGREGADO AL CLIENTE, INNECESARIAS.
- 6.- AGRUPAR ACTIVIDADES QUE PERSIGAN UN MISMO OBJETIVO

CUESTIONAMIENTOS PARA SABER SI UNA ACTIVIDAD AGREGA O NO VALOR

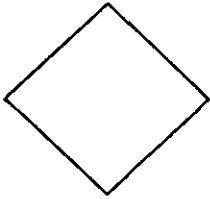
- ¿SON NECESARIAS TODAS LAS TAREAS O PUEDEN SER ELIMINADAS?
- SI LA TAREA NO PUEDE SER ELIMINADA, ¿SE ESTA DESARROLLANDO CORRECTAMENTE?
- ¿SE ESTÁ UTILIZANDO LA TECNOLOGÍA CORRECTA EN CADA PROCESO?
- ¿PUEDE UNA TAREA COMBINARSE CON OTRA PARA LOGRAR UN MEJOR RESULTADO?

ACTIVIDADES QUE AGREGAN VALOR



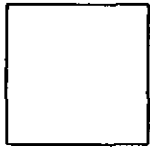
OPERACIÓN

AGREGA VALOR EXCEPTO CUANDO SE REALIZA PARA CORREGIR UN DEFECTO.



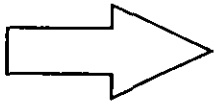
DECISIÓN

AGREGA VALOR EXCEPTO CUANDO ES SEGUIRA DE UNA INSPECCIÓN



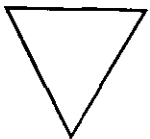
INSPECCIÓN

NO AGREGA VALOR



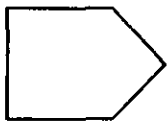
TRANSPORTE

NO AGREGA VALOR



ALMACEN

NO AGREGA VALOR



DEMORA

NO AGREGA VALOR

ELEMENTOS CON VALOR PARA EL CLIENTE:

CALIDAD:

- Satisfacer las necesidades
- Utilidad de uso.
- Variabilidad mínima(normas)
- Mejoras Continuas.

COSTO:

- Ingeniería de Diseño
- Garantía de Calidad.
- Distribución
- Administración
- Inventarios y materiales
- Producción.

SERVICIO:

- Apoyo al cliente
- Servicios asociados al producto.
- Apoyos adicionales al producto.
- Flexibilidad para satisfacer las necesidades del cliente.
- Necesidades de mercado.

TIEMPO:

- Tiempo de entrega
- Respuesta a la fuerzas de mercado y ciclo de proceso de una orden.

MEDIDAS DE DESEMPEÑO DEL NEGOCIO

Las medidas tradicionales en materia de finanzas y contabilidad resultan inapropias en un negocio que pretenda hacer reingeniería.

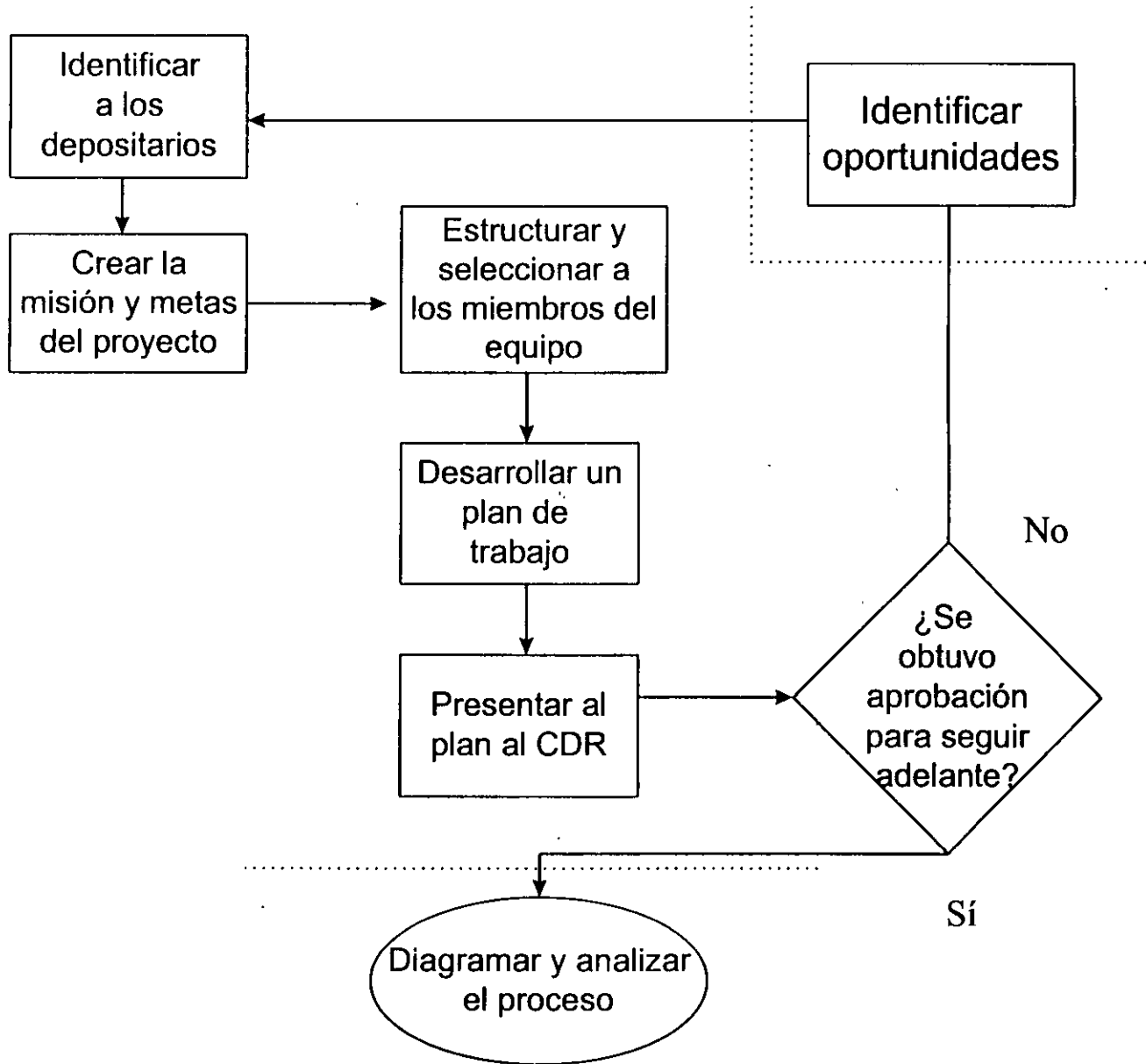
-Los nuevos parámetros para medir la eficiencia corporativa son:

- CALIDAD
- SERVICIO
- COSTO
- TIEMPO

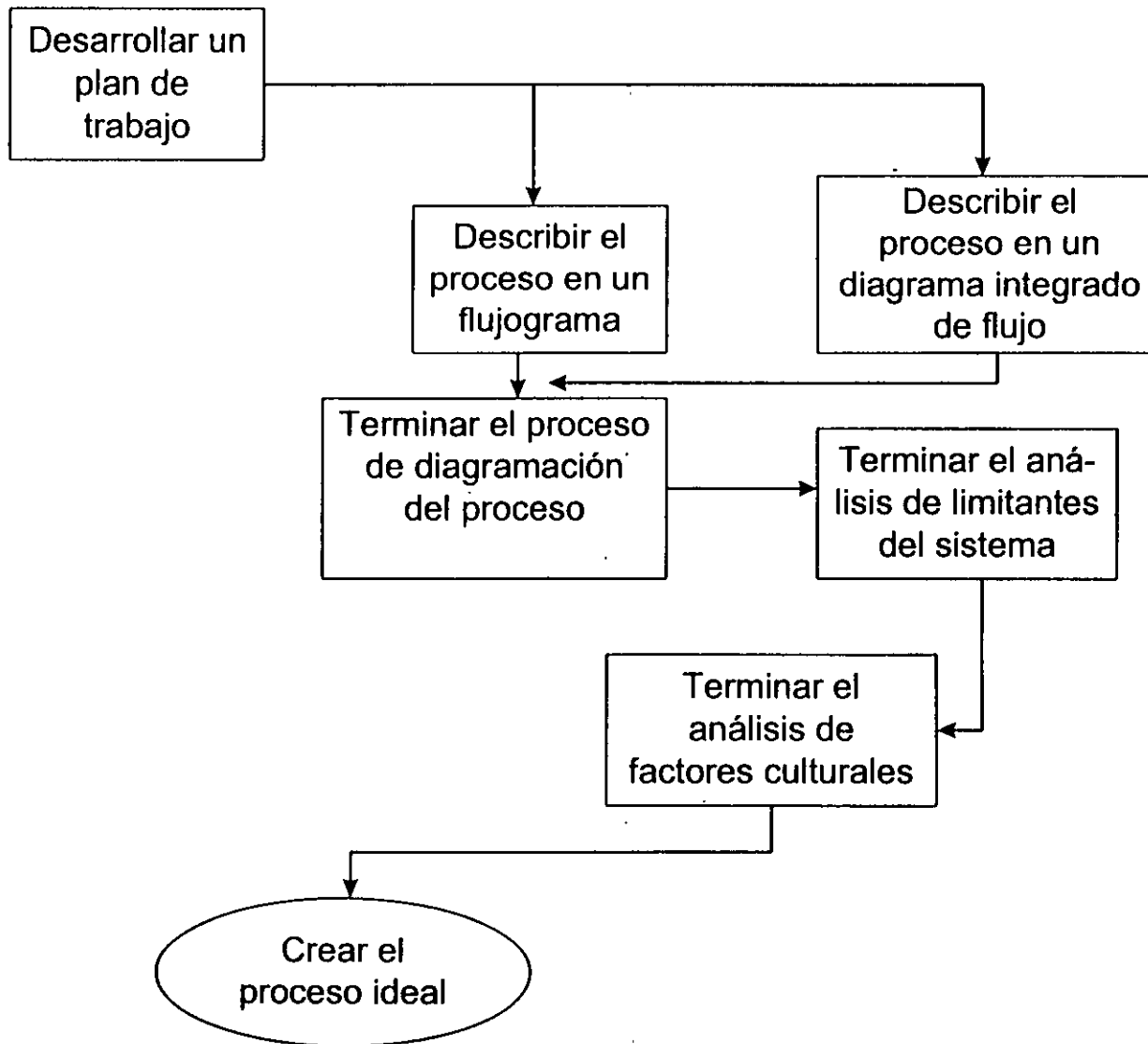
VALOR AGREGADO AL CLIENTE

$$VA = \frac{CALIDAD \times SERVICIO}{COSTO \times TIEMPO}$$

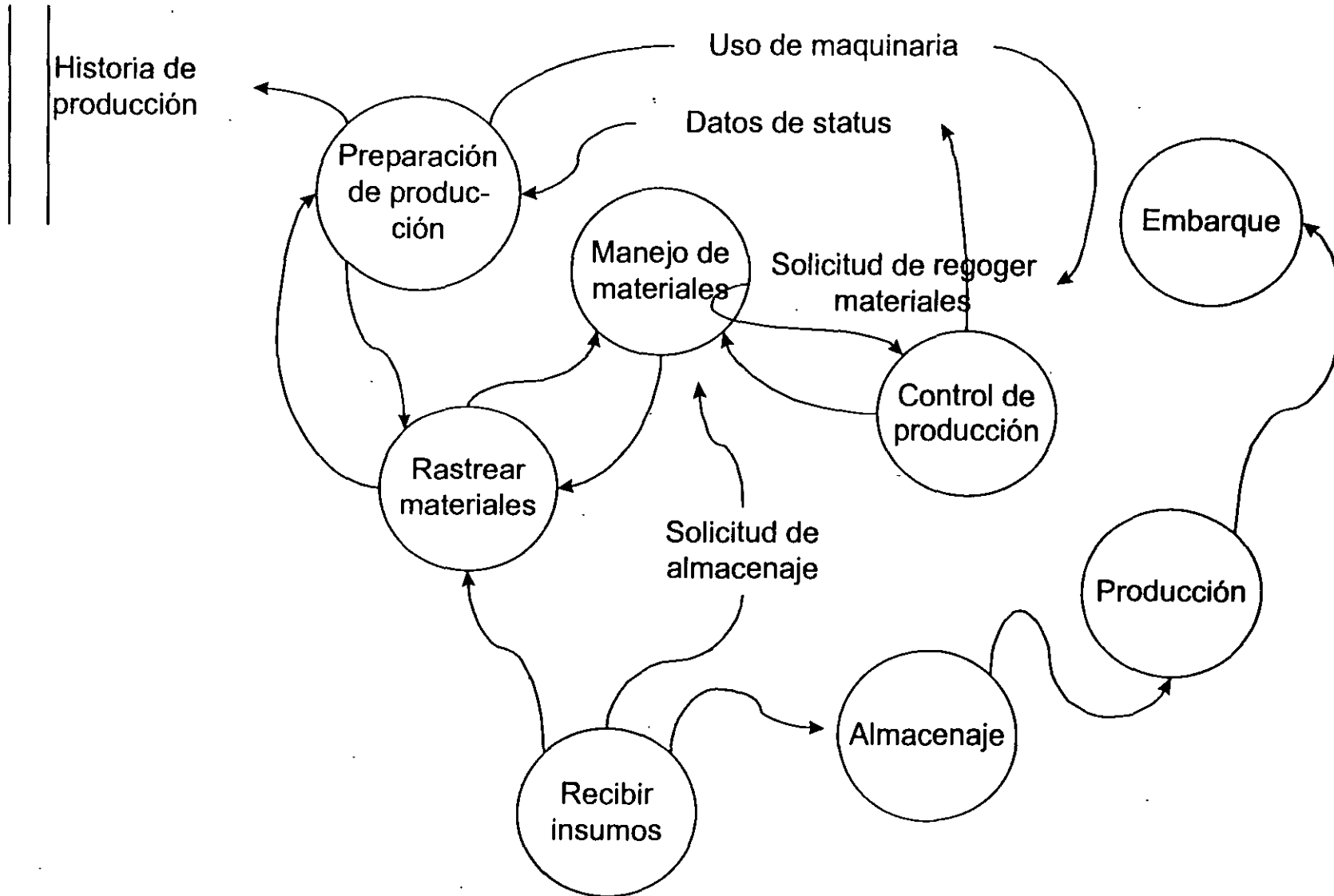
Establecer el alcance del proyecto



Diagramar y analizar el proceso



Etiquetar las actividades



¿COMO SE REDISEÑA UN PROCESO?

- 1.- SE ELIMINAN O REDUCEN LAS ACTIVIDADES QUE NO AGREGUEN VALOR AL CLIENTE.**
- 2.- SE CONSTRUYE EL ESCENARIO DESEADO**
- 3.- SE HACEN LAS MEJORAS CORRESPONDIENTES A LOS PROCESOS A REDISEÑAR**
- 4.- SE PONE EN MARCHA EL PROCESO REDISEÑADO**

CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS

ESCENARIO DESEADO: BENCHMARK

**ES UNA REFERENCIA O MEDIDA ESTÁNDAR
PARA SER UTILIZADA COMO COMPARACIÓN:**

“LO MEJOR EN SU CLASE”

BENCHMARKING (DEFINICIÓN)

**PROCESO DE COMPARACIÓN CONTINUA EN
UNA ORGANIZACIÓN CON LO MEJOR (DE LA
COMPETENCIA) QUE EXISTA EN EL MUNDO,
PARA MEJORAR LA EJECUCIÓN PROPIA. ES UN
PROCESO DE MEDICIÓN CONTINUO Y
SISTEMÁTICO.**

¿ PORQUE LA TECNICA DEL BENCHMARK?

- Desarrollar objetivos realistas y estrategias posibles.
- Establecer metas tecnológicamente factibles y operativamente viables.
- Percatarse de la urgencia de mejorar
- Estimular el esfuerzo por la excelencia, el pensamiento creativo y la innovación.
- Crear un entendimiento real de la competencia y dinamismo en la industria.
- Sensibilizarse de la necesidad de cambiar el enfoque hacia las necesidades del cliente.

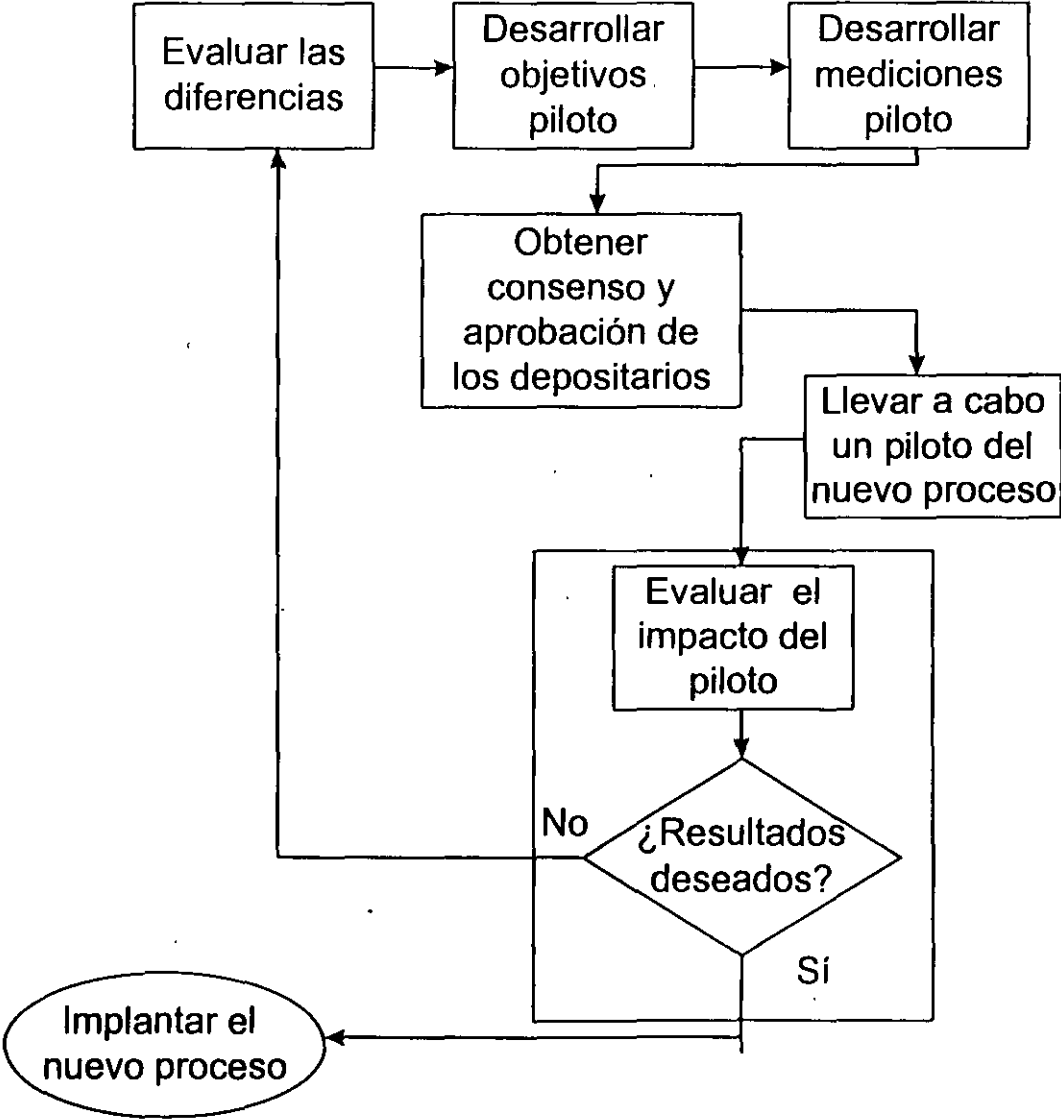
BENCHMARKING INTERNO Y EXTERNO

- Lo mejor en su clase ejecución sobresaliente de un proceso dentro de la industria del mismo giro.
- La mejor práctica el mejor desempeño de un proceso independiente-mente de la empresa que lo realice.

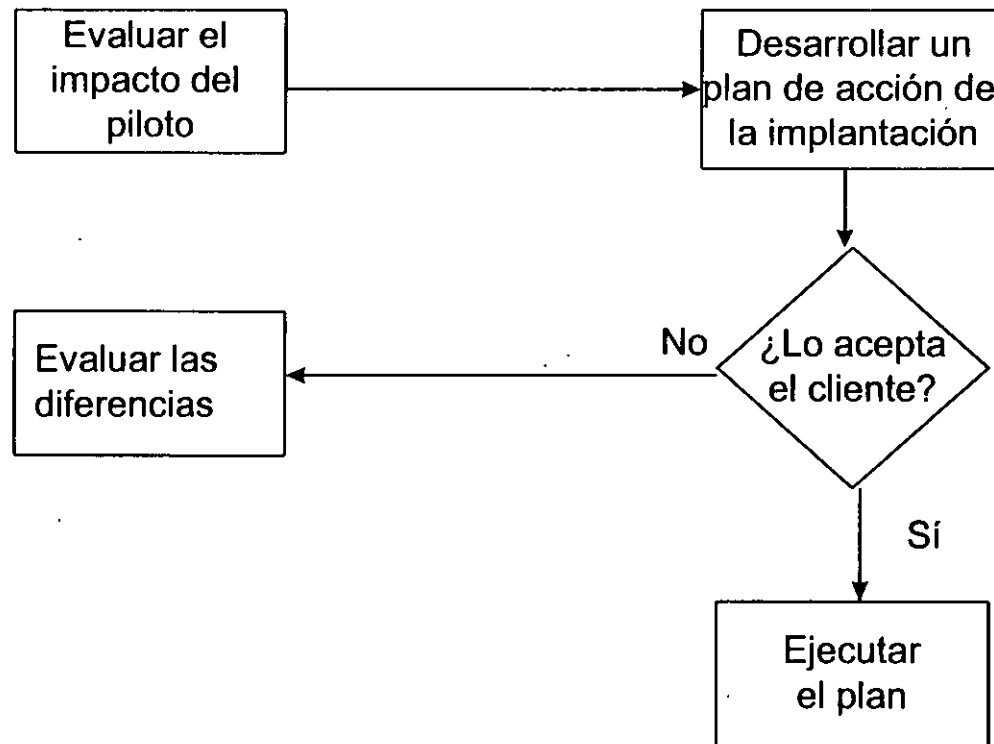
PASOS BASICOS DEL BENCHMARKING

- Determinar el proceso a comparar
- Determinar el método para realizar el levantamiento de datos.
- Identificar la empresa para la comparación.
- Analizar el entorno.
- Analizar y medir el desempeño actual del proceso a comparar y el de la empresa seleccionada.
- Analizar las diferencias entre nuestro proceso y el de la empresa seleccionada.
- Implementar las mejoras con base en los resultados obtenidos de los análisis.

Probar el nuevo proceso

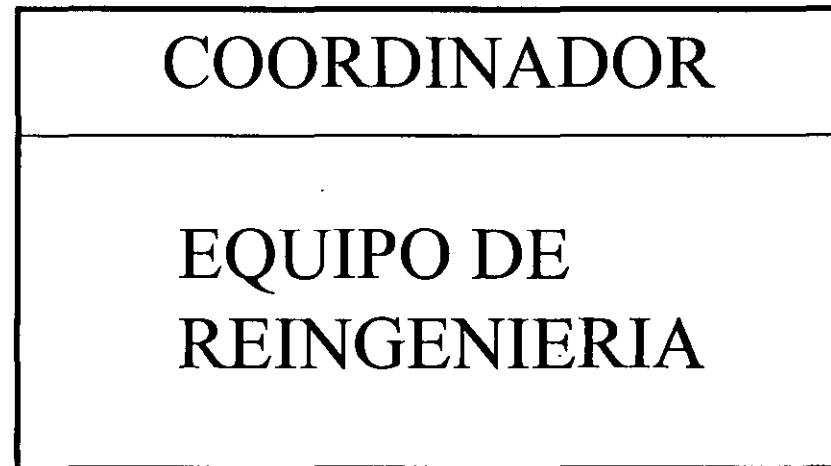


Implantación del nuevo proceso



ORGANIZACIÓN DEL EQUIPO DE PROCESO

LIDER DEL EQUIPO



Los equipos de proceso se caracterizan por ser multifuncionales con movilidad horizontal.

CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO DE REINGENIERIA

- Interes en el proceso.
- Conocimiento sobre el negocio (Personal interno)
- Innovadores, Visionarios, (Personal externo).
- Participantes activos en todo el proceso.
- Responsables.
- Comunicativo de sus éxitos.

EQUIPO DE REINGENIERIA: CRITERIOS DE SELECCION

- Personas con mentalidad abierta.
- Conocedores de los procesos.
- Disponibilidad al cambio.
- Responsables e interesados en el proceso.
- Personal interno y externo (clientes, proveedores y asesores en tecnología).
- Credibilidad ante los compañeros.

EL PAPEL DEL COORDINADOR

- Auxilia al líder a afrontar lo desconocido.
- Verifica el correcto uso de las herramientas y el equipo.
- Establece las reglas de trabajo.
- Toma decisiones con respecto a las actividades.
- Responsable del rediseño de un proceso.

EL PAPEL DEL LIDER

- Organiza y Coordina al equipo de reingeniería.
- Motiva y mantiene los trabajos.
- Provee los requerimientos de asistencia externa.
- Remueve Barreras.
- Concilia en Conflictos.
- Promueve los éxitos del equipo.

IMPACTO EN LA PRODUCCION

- Diferente forma de organización de la producción(líneas de producción-lay out).
- Integración de la excesiva división del trabajo.
- Evitar la monotonía y el trabajo repetitivo.
- Facultar a lo trabajadores para la toma de decisiones.
- Reducción al mínimo de los puntos de control y supervisión.

IMPACTO EN LA ADMINISTRACION

- El rediseño de procesos se genera de los niveles altos de la empresa, hacia abajo.
- Los Gerentes deben convertirse en líderes.
- La Administración no debe manejarse solo en base a números, sino a la efectividad de los procesos.
- El rediseño de procesos demanda una nueva estructura organizacional.
- Revisión de las actividades centralizadas versus las descentralizadas.

LA NATURALEZA DE LOS PUESTOS DESPUES DE UN PROCESO DE REINGENIERIA

HISTORICA

Descripciones limitadas de puestos
Orientación a la tarea
Visión poco clara del cliente
Repetitivos y rutinarios
Muchas reglas y limitaciones
Supervisores
Gerentes
Mando y Control

DESPUES DE UN PROCESO DE REINGENIERIA

Puestos multidimensionales
Orientación al cliente
Vista clara del cliente
Retadores e intensos
Lineamientos amplios con flexibilidad
Consejeros
Líderes
Concesión del poder

ELEMENTOS QUE ASEGURAN EL ÉXITO DEL EQUIPO DE PROCESO.

- Clara asignación de responsabilidades.
- Comunicación abierta y objetiva.
- Participación mixta: personal interno y externo.
- Apoyo de la dirección.
- Uso correcto de la tecnología y herramientas.
- Comunicar los éxitos alcanzados.

LA MAYOR PARTE DE LOS ERRORES QUE LLEVAN A LAS EMPRESAS AL FRACASO EN REINGENIERIA, SON:

- Tratar de corregir un proceso en vez de cambiarlo: necesidad radical de cambio.

- Confundir procesos con funciones departamentales y/o divisionales:

 - Concentrarse en los procesos.

- No olvidarse de los movimientos tradicionales de mejora continua:

 - La Reingeniería provoca: rediseño para calificar oficios; nuevas e innovadoras políticas de remuneración y promoción; programas de capacitación con enfoques creativos e innovadores; criterios de contratación.

EMPRESAS QUE HAN APLICADO LA REINGENIERIA

-TACO BELL	-GENERAL MOTORS
- HALLMARK	-TEXAS INSTRUMENTS
-CAPITAL HOLDING	-KODAK
-BELL ATLANTIC	-FEDERAL EXPRESS
-IBM	-WAL MART
-FORD MOTOR C.	-XEROX CORPORATION

CONCLUSIONES

- Dejar que las culturas y las actitudes corporativas existentes impidan que empiece la reingeniería:
La Reingeniería es el único camino para que las compañías rediseñadas permanezcan en el mercado.
- Tratar que la reingeniería se haga de abajo hacia arriba:
Debe iniciarse en la alta dirección.
- Confiarle el liderazgo a una persona que no entiende la reingeniería:
El Líder debe entenderla y comprometerse con ella.
- Escatimar los recursos destinados a la reingeniería:
Tiempo y los mejores elementos de la empresa.

CONCLUSIONES

- No hacer caso de los valores y creencias de los empleados:
Los que trabajan en un proceso rediseñado son necesariamente personas facultadas.
- Conformarse con resultados de poca importancia:
La Reingeniería busca avances trascendentales.
- Abandonar el esfuerzo antes de tiempo:
La Reingeniería requiere del compromiso absoluto de todas las personas involucradas hasta el final.
- Limitar de antemano la definición del problema y el alcance del esfuerzo de reingeniería:
La Reingeniería tiene que sentirse destructiva y no cómoda



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN

MODULO I: DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

TEMA

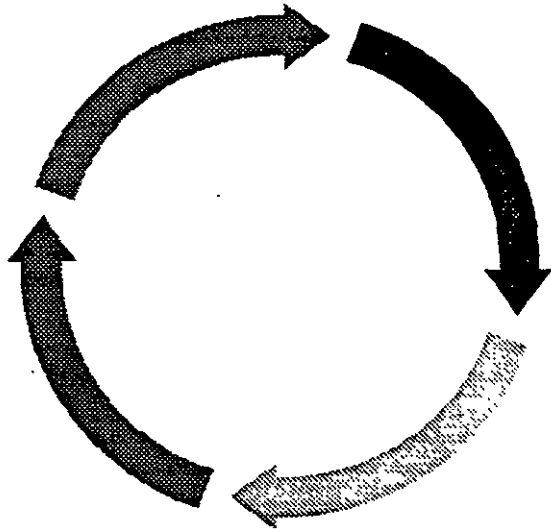
DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

**EXPOSITOR: ING. DANIEL RODRÍGUEZ RESENDIZ
PALACIO DE MINERIA
SEPTIEMBRE DEL 2000**

Distribución de planta.

El término "Distribución de Planta" significa unas veces la disposición existente, otras veces el nuevo plan de distribución propuesto, y, a menudo, el área en estudio o el trabajo para realizar una distribución en planta. Por lo tanto, la distribución de planta puede ser una instalación existente, un proyecto o un trabajo.

La distribución de planta comprende la disposición física de las posibilidades industriales. Esta disposición ya sea instalada o en proyecto, incluye tanto los espacios necesarios para movimiento de material, almacenamiento, mano de obra indirecta y otras actividades auxiliares o servicios como el que utiliza el personal y equipo de trabajo



OBJETIVOS DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

El principal objetivo de la distribución de la planta es optimar el arreglo de máquinas, hombres, materiales y servicios auxiliares, para maximizar el valor creado

Además la distribución debe satisfacer las necesidades del personal asociado con el sistema de producción

Una buena distribución de planta aspira a lograr una disposición productiva de personal, materiales, maquinaria y servicios auxiliares, que llegue a fabricar un producto a costo suficientemente bajo para poder venderlo con beneficio en un mercado de competencia

Si vemos más específicamente los objetivos básicos de la labor de hacer una distribución de planta incluye

- Minimizar distancias en el movimiento de los materiales.

Una buena distribución debe minimizar tanto los costos como el tiempo, como las distancias para mover los materiales a través de los procesos de producción. En algunas compañías en uso de máquinas de transferencia solo requiere que se alimenten las máquinas con materia prima por un extremo del sistema de producción y que los productos sean retirados por el otro extremo. La industria cervecera es un buen

ejemplo, ya que los procesos están arreglados de tal manera que la cerveza va de la primera preparación al envase sin ser tocadas por mano humanas.

- **Circulación del trabajo a través de la planta.**

Distribuyendo el número de máquinas adecuadas en la posición correcta en una planta, el ingeniero industrial puede lograr el equilibrio en el proceso de producción y se pueden evitar cuellos de botella. Las interferencias de las máquinas se presentan en varias formas dentro de las operaciones de producción, incluyendo ruido excesivo, polvo, vibraciones, emanaciones y calor, y estas interferencias afectan el buen desempeño del trabajo del personal, por lo tanto el analista tratará de minimizarlas, y si esto no es posible aislará las máquinas que sean causa del problema.

- **Utilización efectiva de todo el espacio.**

Los edificios de la planta representan una gran inversión, así pues, debe usarse en su totalidad todo el espacio disponible para que el rendimiento sobre esa inversión sea el máximo. El espacio representa un gasto fijo, sea que se use o no, de todas maneras, tiene que pagarse los costos del espacio, por lo tanto, al diseñar los arreglos de la planta se deben intentar reducir al mínimo la cantidad del espacio de piso y de espacio superior que no se utilice.

- **Satisfacción y seguridad para los obreros**

Una buena distribución de planta debe proporcionar una efectiva utilización de la mano de obra. Los trabajadores no deberán tener exceso de tiempo ocioso, o tener que recorrer grandes distancias por sus herramientas, plantillas u otros suministros. El personal de mantenimiento debe tener fácil acceso a las máquinas para repararlos, operarlos y limpiarlos. Una buena distribución de la planta debe crear un ambiente favorable para la formación de una moral elevada, en ocasiones con movimientos sencillos en la distribución puede lograrse.

En términos de salud una buena distribución debe comprender el adecuado suministro de aire, de ductos adecuados para la eliminación de polvo, rocío de pintura, y otras partículas de aire. Deben dejarse espacios entre los trabajadores y las máquinas en movimiento, protección para las herramientas de corte y sierras y otras provisiones.

- **Disposición flexible**

Si se diseña el arreglo de una planta teniendo en mente la flexibilidad, cualquier cambio en el futuro no representará un gran problema, ya que una redistribución puede presentarse con el cambio de algún producto o línea.

El ingeniero industrial debe buscar la máxima flexibilidad para la conjugación de máquinas, hombres, materiales, procesos, productos, espacio de piso y muchos otros factores.

TIPOS BÁSICOS DE DISTRIBUCIÓN.

- Distribución por posición fija.

En que el material, que se debe elaborar no se desplaza en la fábrica, sino que permanece en un sólo lugar, y por lo tanto toda la maquinaria y demás equipo necesarios se llevan hacia él. Se emplea cuando el producto es voluminoso y pesado, y solo se producen pocas unidades al mismo tiempo. Ejemplo: buques, motores diesel, aviones, etc.

- Distribución por proceso o función.

Es que todas las operaciones de la misma naturaleza están agrupadas. En la industria de la confección, el corte de la tela se hace en una zona, el cosido en otra, el acabado en una tercera, etc. Este sistema de distribución se utiliza generalmente cuando se fabrica una amplia gama de productos que requieren la misma maquinaria. Ejemplo: talleres de mantenimiento, fábrica de hilados.

- Producto o línea denominada producción en cadena.

En este caso, toda la maquinaria y equipo necesario para fabricar determinado producto se agrupa en una misma zona y se ordenan de acuerdo al proceso de fabricación. Se emplea principalmente en los casos en que existe una elevada demanda de uno o varios productos más o menos normalizados. Ejemplos: embotelladora de refrescos, montaje de automóviles, enlatado de cervezas, etc.

Aún cuando todos los sistemas de producción difieren en algo, existen dos tipos básicos de sistemas de producción, uno de ellos está basado en la producción intermitente y el otro en la producción continua. Aunque algunas compañías no pueden clasificarse estrictamente como dedicadas exclusivamente a alguno de los dos tipos.

En términos generales, el sistema de producción continua utiliza equipo para propósitos especiales, en tanto que el sistema de producción intermitente usa maquinaria de propósito general. Ejemplo de maquinaria de uso general que puede ejecutar trabajos similares en un sistema de producción intermitente son los taladros, las fresadoras, los tornos, y las esmeriladoras.

La producción intermitente por lo general representa costos de almacenamiento más elevados que en la producción continua, normalmente el producto se mueve más rápidamente a través de la planta en la producción continua.

El sistema de producción intermitente por lo general se presta al uso de distribución por proceso, tanto los hombres, como los materiales, las máquinas y los servicios de apoyo están agrupados sobre la base de las funciones o procesos que están ejecutando, por lo que en ocasiones se le llama la distribución funcional.

El sistema de producción continua generalmente utiliza una distribución por producto. Este arreglo agrupa a los trabajadores, materiales, máquinas y servicios de apoyo sobre la base de la secuencia.

VENTAJAS DE LA DISTRIBUCIÓN POR PROCESO.

- Se tiene mayor flexibilidad en la producción de productos diferentes, en la distribución de máquinas y en la asignación de empleados, y la distribución está adaptada a una demanda intermitente.
- Se puede usar máquinas de propósito general, que cuestan menos que las máquinas especializadas, no se deprecian tan rápido y no se convierten rápidamente en obsoletas.
- Las distribuciones por proceso son menos vulnerables a las interrupciones. Si una máquina sufre algún deterioro las otras pueden seguir trabajando y el trabajo puede pasarse a otras máquinas similares.
- Por lo general existe una inversión financiera menor en las máquinas y en el equipo de apoyo.
- En la distribución por proceso, las máquinas, pueden ubicarse en áreas separadas, y no dependen de una secuencia dada, por lo que es posible aislar las máquinas que producen ruido excesivo, polvo, vibraciones, emanaciones, o calor.
- Se pueden utilizar sistemas de incentivos, puesto que el ritmo de trabajo por lo general se fija por lo obreros y no por las máquinas, tampoco por las líneas transportadoras que suelen encontrarse en las distribuciones por producto.

DESVENTAJAS DE LAS DISTRIBUCIONES POR PROCESO

- El manejo de materiales es lento y difícil, como hay variedad de trabajos que se hacen al mismo tiempo, los materiales se transportan por muchas rutas que implica generalmente acarreos y reacarreos de un lugar a otro.
- La programación y ruta de las ordenes de producción resulta difícil, ya que para cada producto se requiere de una ruta especial, y en ocasiones se forman cuellos de botella por el retraso de ordenes y por lo general no es fácil mantener equilibrada una línea de producción.
- La inversión en inventario es generalmente mayor, ya que debe haber suficientes existencias de materia prima y una existencia muy grande en artículos de proceso.

VENTAJAS DE LA DISTRIBUCIÓN POR PRODUCTO

- El costo de producción en línea por lo general es más barato.

- Los productos se mueven a través de la planta con mayor rapidez debido a que gran parte del equipo es mecanizado y de trayectoria fija
- El costo por manejo de materiales suele ser más barato por unidad producida.
- El balanceo de la línea es mucho más sencillo de conservar al igual que la ruta y la programación cronológica
- Los requisitos de inventarios suelen ser menores que en la distribución por proceso. Se requiere un suministro de materiales continuo, pero el ritmo de su utilización es uniforme pudiendo utilizar planeación "justo a tiempo".

DESVENTAJAS DE LA DISTRIBUCIÓN POR PRODUCTO

- La interrupción en una máquina por descompostura o ausentismo del personal puede provocar el cierre o paro de la línea de producción, como las máquinas están puestas en secuencia de principio a fin, si se sufre cualquier interrupción en algún paso del proceso afecta a toda la operación
- Como la distribución por producto es relativamente rígida, las partes deben ser uniformes, el diseño del producto debe ser estable y debe mantenerse intercambiabilidad en las partes (autos)
- Debe mantenerse un volumen elevado de producción para asegurar un retorno sobre la gran inversión en las máquinas de propósito particular
- Es difícil de aislar las máquinas que producen ruido excesivo, polvo, vibraciones, emanaciones o calor.
- Los planes de incentivos son difíciles de aplicar y sostener ya que el ritmo de trabajo lo imponen las máquinas, aunque existen alternativas para compensar esta desventaja

Los tipos de arreglo más comunes encontrados en la industria son las distribuciones por proceso y por producto, pero la mayoría de las plantas utilizan una combinación por proceso y por producto

Existe un tipo de distribución menos común pero básica que es la distribución por posición fija. Esta distribución tiene varias ventajas.

VENTAJAS DE LA DISTRIBUCIÓN POR POSICIÓN FIJA

- Se reduce manipulación de la unidad principal de montaje

- Los obreros especializados pueden completar su trabajo en un punto y la responsabilidad de la calidad queda fijada en una persona o grupo del montaje.
- Es posible hacer cambios frecuentes en los productos o en el diseño del producto y en la secuencia de operaciones.
- La distribución está adaptada a variedades del producto y a una demanda intermitente
- Es más flexible. no requiere una técnica de distribución costosa y muy organizada.
- Las interrupciones es una parte del proyecto. no detiene necesariamente a toda la operación de producción. y en muchos casos el posible cambiar la secuencia de las operaciones.

DESVENTAJAS DE LA DISTRIBUCIÓN POR POSICIÓN FIJA.

- Se requieren de trabajadores muy especializados
- Se incrementa la manipulación de materiales y herramientas en el lugar del montaje.
- Sólo sirve para pocas unidades producidas al mes o al año

FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA.

- El factor material. incluye diseños. variedades. cantidad. operaciones necesarias y secuencia de las mismas.
- El factor maquinaria. incluyendo el equipo de producción y las herramientas con su utilización
- El factor humano. que incluye supervisión. servicios auxiliares. mano de obra tanto directa como indirecta
- El factor movimiento incluyendo el transporte externo e interno e interdepartamental. manipulación en las diferentes operaciones. almacenajes e inspecciones.
- El factor espera. incluyendo almacenajes temporales y permanentes y demoras necesarias
- El factor servicios. que incluye mantenimiento. inspección. desperdicios. programación y expedición

- El factor edificios, que incluye aspectos exteriores, e interiores del edificio y aprovechamiento del equipo y distribución.
- El factor cambio, incluyendo versatilidad, flexibilidad y expansión.

CRITERIOS PARA UNA BUENA DISTRIBUCIÓN.

Las técnicas empleadas para determinar una buena distribución son las que se usan normalmente en ergonomía, sin embargo existen otros criterios que pueden satisfacer una buena distribución

- Flexibilidad máxima. una buena distribución se puede modificar rápidamente para afrontar las circunstancias cambiantes. los puntos de abastecimiento deben ser amplios y de fácil acceso.
- Coordinación máxima. La recepción y envíos en cualquier departamento debe plantearse de la manera más conveniente para ambos departamentos. La distribución debe considerarse como un conjunto y no por áreas aisladas
- Utilización máxima del espacio Una planta debe considerarse como un cubo, ya que hay espacio arriba del piso, se pueden instalar transportadores a una altura superior a la de la cabeza o usarse como almacenes móviles para trabajos en proceso o pueden suspenderse herramientas y equipo del techo
- Visibilidad máxima Todos los hombres y materiales deben ser fácilmente observables en todo momento, no debe haber rincones en los que puedan extraviarse los objetos. Todo cancel o pared divisoria debe pasar por un cuidadoso estudio ya que reduce el espacio disponible y además origina una separación en ocasiones indeseable
- Accesibilidad máxima Todos los puntos de servicio y mantenimiento deben tener acceso fácil sobre todo para evitar riesgos y peligros.
- Distancia mínima Los movimientos deben ser necesarios y directos El manejo de los materiales y productos durante el proceso incrementa el costo del producto y no su valor, por lo que deben evitarse en lo posible los anaqueles para almacenamientos temporales (Compañía San Cristóbal Papelera)
- Manejo mínimo. El manejo óptimo es el manejo nulo, pero cuando es inevitable debe reducirse al mínimo usando transportadores, montacargas, toboganes, rampas, carretillas El material con el que se está trabajando debe mantenerse a la altura de la mesa de trabajo y no colocarse en el piso si ha de tenerse que levantar después
- Incomodidad mínima Las corrientes de aire, la iluminación deficiente, la luz solar excesiva, el calor, el ruido, las vibraciones y los olores deben reducirse al mínimo, y si es posible contrarrestar

- Seguridad. Toda distribución debe ser inherentemente segura y ninguna persona deberá estar expuesta a peligros. Debe tenerse cuidado no sólo de las personas que operan el equipo sino también de las que pasen cerca (fábrica de tornillos). Deben incluirse salvaguardas contra fuego, humedad, robo y deterioro general.
- Flujo unidireccional. No deben cruzarse las rutas de trabajo con las de transporte. Todo el material en una fábrica debe fluir en una dirección solamente, y una distribución que no se ajuste a esto ocasionará dificultades sino es que un verdadero caos.
- Rutas visibles e identificación. Deben proveerse rutas definidas de recorrido y de ser posible deben marcarse claramente. ningún pasillo debe usarse nunca para fines de almacenamiento ni aún en forma temporal. Siempre que sea posible debe otorgarse a los grupos de trabajadores su propio espacio de trabajo. La necesidad de un territorio definido parece ser básica en el ser humano (Fábrica de muebles)

PASOS PARA LOGRAR UNA BUENA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

- Establecer el problema

En la distribución de planta intervienen tantas consideraciones, escondidas tras la disposición física del material, maquinaria, hombres y funciones auxiliares, que deben definirse claramente desde el principio la naturaleza y extensión de la labor a realizar; por lo que debe establecerse claramente el problema

Debe hacerse un plan y un programa de trabajo tomando en cuenta las cuatro fases de la distribución: Situación de la superficie disponible, Distribución general de conjunto, Plan detallado de la distribución, Instalación, está programando el tiempo de cada una y los interfaces si es que existen

- Conseguir datos reales

Como en cualquier problema de ingeniería, si conseguimos los datos reales, la solución se obtiene con sencillez en muchos casos. Sin datos habrá de basarse en opiniones o supuestos. Se deben reunir datos sobre el material y los productos terminados, la maquinaria, el equipo, el personal y los demás factores que intervienen. Estar convencidos que son datos reales, reunidos por medidas actuales, cifras aprobadas. No debemos basarnos en ideas, registros o dibujos inexactos, dudosos o atrasados. (Utilizar diagramas vistos en estudio del trabajo)

- Volver a establecer o aclarar el problema a la luz de los datos reales.

Este es el momento para señalar las contradicciones o los conceptos equivocados. Los datos reunidos pueden mostrar que el establecimiento original o alcance del problema debe cambiarse. Debe lograrse que, en éste momento, queda aclarada cualquier duda o decisión y las aclaraciones indicarán que nuevos hechos o datos deben ser tomados en consideración

- Analizar y decidir la mejor solución

El análisis de los datos reales en paralelo con los objetivos de una buena distribución es el principal problema del trabajo de distribución de planta. Se reúnen y evalúan los datos, se comparan las disposiciones alternativas, se ensayan y comprueban los planes, el análisis termina cuando se toma la decisión en cuanto a la mejor solución del problema.

- Ejecutar acción para la aprobación e instalación de la fase siguiente.

Cuando se ha decidido ya la solución, es necesario lograr su aprobación (vender la idea) por parte del jefe de departamento como de la dirección así como de las personas involucradas en los cambios para darles ocasión de señalar a tiempo cualquier deficiencia o error (caso de las cafeteras).

- Continuación.

Es importante considerar una continuidad, pues aunque la fase anterior sea por lo general aprobada, es posible y probable que surjan ajustes al llevar a cabo el desarrollo del proyecto y aún cuando una distribución este realizada físicamente surgirán preguntas y necesidad de reacomodar o estudiar algunos otros pormenores.

Se ha señalado ya, que hay varios requerimientos diferentes y a veces conflictos que deben satisfacerse al preparar una buena distribución y para la toma de decisiones se tienen modelos matemáticos sobre la distribución de las instalaciones físicas que son de gran ayuda.

La decisión sobre la distribución de planta de flujos intermitentes o de distribución por proceso determina la localización relativa de los departamentos con el fin de alcanzar un criterio de decisión establecido dentro de ciertas restricciones de la distribución. En las decisiones de distribución de planta, algunos ejemplos de criterios son minimización de los costos de manejo de materiales, minimización de la distancia que recorren los clientes, minimización de tiempos de viajes de los empleados y la máxima cercanía entre departamentos interrelacionados. Entre las restricciones más comunes están, las limitaciones de espacio, la necesidad de mantener una ubicación fija para ciertos departamentos, la capacidad limitada en cuanto al soporte de peso de ciertas áreas del piso, las disposiciones de seguridad industrial, las disposiciones de prevención de incendios y los requerimientos de áreas libres y pasillos. El problema consiste en encontrar la mejor distribución que cumpla con todas las restricciones del caso.

Los problemas de distribución o al menos una satisfactoria que cumpla con todas las restricciones del caso.

Los problemas de distribución de planta para procesos intermitentes caen dentro de dos categorías. Los que involucran criterios cuantitativos de decisión y los que involucran criterios cualitativos. Los problemas que implican criterios cuantitativos requieren decisiones que pueden ser expresadas en términos medibles, tales como el costo de manejo de materiales, tiempo de viajes de clientes o distancias. En las decisiones de distribución de planta que implican criterios cualitativos deben establecerse las cualidades que cada operación debe cumplir o las cualidades de cada departamento o lugar de trabajo. Por ejemplo, puede ser muy conveniente aislar los departamentos de pintura y soldadura por razones de seguridad y prevención de incendios. Estas relaciones, son de naturaleza cualitativa, por lo que se tienen métodos para resolver problemas cualitativos o otros para problemas cuantitativos.

CRITERIOS CUANTITATIVOS

Es posible formular varios tipos de problemas de distribución de planta de procesos basándose en criterios cuantitativos. Entre éstos están la minimización de los costos de manejo de materiales en las

fábricas y almacenes, y la minimización del tiempo de viaje de los empleados o clientes en las operaciones de servicios.

$$c = T_{ij} C_{ij} D_{ij}$$

donde:

T_{ij} = Viajes entre el departamento i y el departamento j .

C_{ij} = Costo por unidad de distancia por viaje recorrido de i a j

D_{ij} = Distancia de i a j .

C = Costo total.

N = Número de departamentos.

En ésta encuesta el costo puede considerarse en pesos (dólares) o en unidades de tiempo. para dar cabida ya sea al criterio de manejo de materiales o al tiempo de viaje. considerando el costo como un recurso escaso que debe conservarse o minimizarse por medio de la decisión de distribución de planta

Para poder ilustrar el modelo de minimización del costo lo ejemplificaremos con el siguiente problema

Considérese una planta que produce miniautos de juguete y que para ello usa los departamentos siguientes

Depto. Número.	Nombre del departamento.	Área (m ²)
1	Pintura	500
2	Corte de materiales	350
3	Soldadura	600
4	Motores pequeños	225
5	Trabajos de metales	600

Depto Número	Nombre del departamento	Área (m ²)
6	Controles	275
7	Ruedas y llantas	500
8	Ensamble final	600

Suponga que en este problema, el objetivo consiste en minimizar el costo para transportar los materiales de un departamento al siguiente.

El paso número 1 para la solución del problema consiste en determinar el número de viajes que ocurren entre cada par de documentos. Para poder obtener el número de viajes se toman como base las hojas de ruta (diagramas de proceso) de cada uno de los productos y los volúmenes futuros estimados de los productos.

Matriz de viajes T_{ij} semanal

Donde los elementos de la matriz se interpretan como el número total de viajes por semana entre el departamento i y el departamento j en "ambas direcciones".

En este problema fue elegido el volumen semanal de producción, pero puede usarse cualquier periodo, tal como diario, mensual o anual.

El paso número 2 consiste en determinar el costo del manejo de materiales por unidad de distancia recorrida en cada viaje. Este costo puede variar entre cada par de departamentos en atención a que se usen distintos métodos de manejo de materiales (Carretillas, carros manuales o montacargas, etc.)

Matriz de costos C_{ij}

El paso número 3 consiste en determinar las distancias que existen entre cada par de departamentos, las cuales dependerán de la distribución de planta que se haya elegido.

Pintura	Motores pequeños	Trabajo de metales y llantas	Ruedas recepción	Muelle de
1	3	5	7	
Corte de metales	Soldadura	Controles final	Ensamble embarque	Muelle de
2	4	6	8	

Con ésta distribución se han calculado las distancias entre cada par de departamentos.

Se ha especificado ya la matriz de número de viajes (T_{ij}) la matriz de costos (C_{ij}) y la matriz de distancias (D_{ij}) para la distribución de planta particular. Con estos datos es posible calcular el costo total del manejo de materiales para cada par de departamentos. La matriz de costos total se calculo multiplicando los elementos T_{ij} , C_{ij} , D_{ij} , correspondiente a las tres matrices anteriores por ejemplo para el departamento 1 a 2 el costo de manejo de materiales es $(75)(0.5)(0.30) = \$ 112.50$ y el costo total de todos éstos nos da un costo total de $C = \$ 3.668.50$ por semana

Con esto se contempla la evaluación de la ecuación inicial para un plano específico de planta.

La idea de obtener el costo es el preguntarse si es posible hacer algunas mejoras, para reducir C la iniciamos realizando intercambios entre los pares de departamentos

Por ejemplo si cambiamos el departamento 4 por el 5, el costo es de $\$ 3.144.50$ y la matriz de costos ajustada debido al intercambio se muestra en la figura siguiente. Se podrian considerar otros intercambios que podrian reducir aún más los costos sin embargo no se puede así llegar a una solución óptima por este método manual, a menos de que se evaluarán todas las alternativas de cambios de departamento que en éste caso serian 8. Son embargo, existen algunos metodos de computadora para la solución de problemas a gran escala

El problema cuantitativo de la distribución de planta par procesos intermitentes, puede a menudo expresarse como una función lineal de las distancias entre los distintos departamentos. Existen varios métodos de programación lineal. Uno de ellos es el metodo gráfico, que implica la construcción de una gráfica que describe las relaciones de las variables y de los parámetros comprendidos en el problema, mediante el análisis de la función objetivo relacionada con las variables y los parámetros, es posible encontrar el punto, línea o plano que proporcionen la solución óptima para el problema

Otro método de programación lineal es el método simple. El método implica establecer relaciones entre las variables, parametros y la función objetivo en términos de ecuaciones. Estas ecuaciones se manipulan matemáticamente en una serie de operaciones repetitivas de manera que la función objetivo sea minimizada o maximizada. Es un método tanto tedioso y tardado cuando se hace manualmente, sin embargo se dispone de programas de computadora para el método simplex

El método de transporte de programación lineal se refiere al análisis de cierto numero de variables y parámetros en forma de una rejilla. Este método como los otro proporciona la solución óptima en términos de minimizar o maximizar la función objetivo. Al igual que el método simplex, también implica varios ciclos de análisis repetitivos o interacciones, antes de que se llegue a la solución óptima. También existen programas de computadora para el metodo de transporte que reduce el tiempo para llegar a una solución

La programación entera, la programación lineal y la programación dinámica son otros tipos de técnicas de programación que son útiles.

CRITEROS CUALITATIVOS.

Los problemas de distribución de planta que involucran criterios cualitativos surge cuando las relaciones que existen entre los departamentos de una instalación se especifican en términos cualitativos. (La conveniencia de colocar un departamento cerca del otro).

De acuerdo con el enfoque de Muther la conveniencia de colocar un departamento determinado adyacente a cualquier otro puede evaluarse mediante una de las siguientes categorías "Absolutamente necesario", "especialmente importante", "importante", "cercanía común correcta", "poco importante", e "inconveniente", esta jerarquización puede basarse en consideraciones de seguridad industrial, conveniencia del cliente, o flujos aproximados entre distintos departamentos.

Para poder ilustrar mejor éste método lo haremos a través de un ejemplo, haremos una redistribución de un supermercado típico

Se tienen en el supermercado los departamentos siguientes con sus respectivas necesidades de espacio

	Departamento	Área (m ²)
1	Frutas, verduras y carne	1.900
2	Alimentos congelados	1.700
3	Abarrotes secos	2.800
4	Recepcion	1.000
5	Alimentos enlatados	1.500
6	Área de salida	1.100
7	Panes y bocadillos	900
8	Productos no alimenticios	800

El paso número 1 consiste en establecer la jerarquización que regirá dentro del supermercado y cuales son los limites y el código con el que se va a distinguir

Jerarquización	Definición de la relaciones	Símbolo
A	Absolutamente necesaria	
E	Especialmente importante	
I	Importante	
O	Cercanía común correcta	
U	Poco importante	
X	Inconveniente	

El paso número 2 consiste en obtener las razones para la relación e identificación con un código de esta razón o justificación.

Código	Razón
a	Manejo de materiales
b	Facilidad de supervisión
c	Personal común
d	Convivencia del cliente
e	Mejoras en la venta
f	Apariencia

* Pueden añadirse otras.

El paso número 3 consiste en realizar una matriz muy parecida al del problema cuantitativo en donde son arregladas la relación y la razón de cada departamento.

El paso número 4 consiste en que una vez especificadas las relaciones cualitativas, es necesario encontrar la forma de resolver el problema. Cuando se trata de problemas pequeños, éstos pueden hacerse por inspección visual. En éste caso sólo se tratará de colocar cerca los departamentos que sean absolutamente necesarios y las relaciones departamentales queden satisfechas colocando los departamentos lo más separado posible.

El paso número 5 consiste en que una vez que se ha decidido sobre la relación el problema de distribución no ha quedado resuelto aún ya que toda distribución debe por lo general encajar en una forma geométrica o de la forma del terreno con que se cuente, y por ello hacemos plantillas a escala para cada departamento y se colocan sobre un plano también a escala, no olvidando especificar muros, puertas, sólidos, etc. y sobre el plano que juega hasta encontrar la solución "óptima".

Cuando se trata de problemas más grandes, la solución no puede obtenerse mediante inspección, sino que deben usarse métodos computarizados por medio de los cuales se intenta considerar todas las relaciones específicas y llegar a una solución óptima (ó satisfactoria). Estos métodos requieren que las relaciones cualitativas se conviertan en una escala numérica y se pueda resolver mediante un algoritmo.

Los criterios de distribución de planta se pueden aplicar a muchos tipos de situaciones entre las que se incluyen fábricas, almacenes, oficinas, y operaciones de servicios. Este método es posible aplicarse porque siempre es posible especificar relaciones cualitativas entre departamentos.

La planeación computarizada de la distribución de planta para procesos intermitentes ha evolucionado desde 1963 cuando se desarrolló el programa CRAFT para criterios cuantitativos, y el CORELAP y ALDEP para criterios cualitativos.

DISTRIBUCIÓN DE PLANTA PARA PROCESOS EN LÍNEA

La distribución de planta para los procesos en línea difieren notablemente de la distribución de planta para los procesos intermitentes. En los procesos en línea el producto se elabora en forma secuencial.

realizando un paso y luego el siguiente a lo largo de la línea de flujo, por lo que la distribución no afecta la dirección del flujo del producto, pero sí afecta la eficiencia de la línea, y los trabajos que se asignen a los trabajadores individuales.

Cuando se usa una línea tradicional de ensamble de naturaleza móvil se considera el problema de asignación de tareas a los trabajadores de tal forma que el trabajo se divida por igual entre todos los empleados y esto es el problema clásico de balanceo de líneas.

Existen varias maneras según el caso que se trate para balancear las líneas de producción, vamos a ver y ejemplificar a continuación las más clásicas y frecuentes que se presentan.

El balanceo de líneas más clásico que existe es el de resolver el problema comenzando por el final de la línea, y de acuerdo con los datos necesarios para balancear, como son los volúmenes de producción, lista de operaciones, secuencias de éstos tiempos requeridos, se va programando en el balanceo hacia el principio de la línea.

Veamos el siguiente ejemplo:

Se trata de balancear una línea de producción para obtener 10,000 Kg diarios de hilo de algodón. El proceso es el siguiente:

Limpieza de algodón, Cardado, Estirado, Torcido, Hilado

* Apuntes del Ing. Juan José D' Matteo C
Fac de Ing UNAM. Diseño de sistemas productivos.

Sabiendo que al final debe salir 10,000 Kg/día y con la producción de cada hiladora (supongamos 100 Kg/día), determinamos que se requieren $10000/100 = 100$ máquinas, conociendo a través del departamento de Ing Industrial que un operario puede atender 13 máquinas determinaremos que necesitamos $100/13 = 7.6$ operarios, por lo que se tomarán 8 y el operario que tenga menos carga de trabajo se le podrán asignar algunas tareas extras como pudieran ser lubricaciones, movimiento de materiales, limpiezas, etc

Pasamos a torcido donde el porcentaje estándar de defectuoso de hiladoras es (5%), por lo que se determina que deberán salir 10,500 Kg/día. Repitiendo el razonamiento, se determinan máquinas y operarios necesarios.

De esta manera se avanza hacia el principio de la línea hasta completar el balanceo. Es de notar que el ejemplo se sacó de la realidad industrial, buscando un caso que es un híbrido de disposición de equipos, pues éstos se encuentran en una disposición por proceso alineado.

* Otro caso sencillo, y a la vez el más frecuente, es aquel en el cual varios operarios, cada uno llevando a cabo operaciones consecutivas, trabajan como una sola unidad.

Por ejemplo, tenemos una línea de 8 operaciones

Operación No.	Tiempo estándar (min/pza.)
1	1.25
2	1.38
3	2.58
4	3.84
5	1.23
6	1.24
7	2.28
8	1.26

Se necesitan fabricar 700 pzas/día en un turno de 8 hrs. en consecuencia cada pieza deberá fabricarse en:

$$480/700 = 0.685 \text{ min/pza}$$

Por lo tanto el número de operarios requeridos en cada puesto se calcula de la siguiente manera.

$$\text{Tiempo estándar} / \text{Tiempo de fabricación por pieza} = \text{No. de operarios por operación}$$

* "Ingeniería Industrial", Niebel. Serv. y Rep. de Ing

No. de oper-	Tiempo est	Tiempo est / 0.685	No. de operarios
1	1.25	1.82	2
2	1.38	2.01	2
3	2.58	3.77	4
4	3.84	5.60	6
5	1.23	1.80	2
6	1.29	1.88	2
7	2.28	3.32	3
8	1.26	1.84	2

Ahora bien, ocurre normalmente que los tiempos estándar no son cumplidos por algún puesto de la línea, o por toda la línea. Aparece entonces lo que se llama Eficiencia (E) de la línea que es el cociente formado por.

$$E = \text{Minutos estándar} / \text{Minutos reales}$$

Si por ejemplo determinamos que la eficiencia $E = 80\%$, entonces, debemos balancear la línea de acuerdo a los nuevos tiempos

No. de oper.	Tiempo est.	Tiempo real= T. Est. / E	Min reales/0.685	Operarios
1	1.25	1.56	2.28	2
2	1.38	1.72	2.52	3
3	2.58	3.225	4.7	5
4	3.84	4.8	7.0	7
5	1.27	1.59	2.25	2
6	1.29	1.61	2.35	2
7	2.28	2.85	4.16	4
8	1.26	1.58	2.31	2

Para saber cual es la operación más lenta, dividimos el tiempo real de cada operación entre el número estimado de operaciones para cada una de las 8 operaciones

Operación	Tiempo real / No. de operadores
1	$1.56 / 2 = 0.78 \text{ min.}$
2	$1.72 / 3 = 0.57 \text{ min}$
3	$3.225 / 5 = 0.64 \text{ min.}$
4	$4.80 / 7 = 0.68 \text{ min.}$
5	$1.54 / 2 = 0.77 \text{ min}$
6	$1.61 / 2 = 0.805 \text{ min}$
7	$2.85 / 4 = 0.71 \text{ min}$
8	$1.58 / 2 = 0.79 \text{ min}$

En consecuencia la operación 6 determinará la velocidad de la línea que en este caso será

$$\text{Velocidad de la línea} = 480 / 0.805 = 596 \text{ pzas.}$$

Por lo que determinaremos que faltan $700 - 596 = 104$ pzas

Como ésta velocidad no resulta adecuada tenemos que aumentar la velocidad de producción de la operación número 6. Ello puede lograrse de las siguientes maneras

- Haciendo que uno de los operarios trabaje horas extras $104 \times 0.805 = 83.7 \text{ min}$ de tiempo extra
- Utilizando los servicios de un tercer hombre (a medio tiempo) en el puesto número 6
- Mejorando el método de la operación número 6 para disminuir su ciclo de trabajo

El problema de la asignación a la línea de producción puede ser también del de minimizar el número de estaciones de trabajo, dado que el tiempo de ciclo deseado, o bien, dado el número de estaciones de trabajo, asignar tareas o elementos de trabajo a las estaciones, dentro de las restricciones establecidas para minimizar el tiempo ciclo

El siguiente procedimiento de ayuda a la resolución del problema de equilibrio de líneas y se basa en la publicación de la General Electric acerca de equilibrio de líneas de ensamble. Los ingenieros de ésta

empresa han elaborado un programa para computadora que tiene por objeto asignar elementos de trabajo a una línea de ensamble.

Paso 1. El primer paso para la resolución del problema es la determinación de la secuencia de los elementos de trabajo. Para determinar la secuencia de los elementos, el analista debe preguntar y responder a la pregunta:

¿Qué otros elementos de trabajo o tarea, si hubiera, deben quedar terminados antes de que se pueda iniciar éste elemento de trabajo?. Se recomienda hacer un diagrama para la línea de producción.

Para poder ejemplificar cada uno de los pasos se hará como los otros métodos por medio de un ejercicio:

Considérese que se requiere una producción de 300 unidades / día de un determinado producto, se calcula un margen de error del 15 % de productos, y una eficiencia del 10 % con las operaciones siguientes y su tiempo estándar para cada unidad.

Unidad de trabajo (tarea)	Tiempo estándar para cada unidad (min.)
00	0.46
01	0.35
02	0.25
03	0.22
04	1.10
05	0.87
06	0.28
07	0.72
08	1.32
09	0.49
10	0.55

El diagrama de precedencias es éste.

(00)------(02)------(05)------(06)------(08)------(09)------(10)------(01)------(03)------(04)------(07)

Se ve en éste diagrama que la unidad de trabajo (00) se debe terminar antes que (02), (03), (05), (06), (04), (07), (08), (09) y (10). La unidad (00) o la (01) pueden ser la primera o realizarse simultáneamente, la unidad de trabajo (03) no se puede iniciar hasta que las unidades (00) y (01) están terminadas y así sucesivamente.

Paso 2. Para describir estas relaciones se utiliza una matriz de precedencia, en este caso marcamos con el número 1 la relación que "debe preceder a", por ejemplo la unidad de trabajo (00) debe proceder a las unidades (02), (03), (04), (05), (06), (07), (08), (09), y (10) asimismo la unidad de trabajo (09) debe proceder sólo a la (10).

Paso 3. Ahora debe calcularse el peso posicional para cada unidad. Esto se realiza calculando la suma de cada unidad de trabajo que deben seguirle, por lo tanto el peso posicional corresponde a la unidad de trabajo (00) será:

$$(00,02,03, 04,05, 06, 07, 08, 09, 10) = 0.46 + 0.25 + 0.22 + 1.10 + 0.87 + 0.28 + 0.72 + 1.32 + 0.49 + 0.55) = 6.26$$

Elemento de trabajo (tarea)	Peso posicional
00	6.26
01	4.75
02	3.76
03	4.40
04	4.18
05	3.56
06	2.64
07	1.76
08	2.36
09	1.04
10	0.55

Paso 4. Se reordenan los elementos de trabajo en orden decreciente y se determinan los antecesores inmediatos

Elementos de trabajo ordenados	Peso posicional	Antecesores inmediatos
00	6.26	-----
01	4.75	-----
03	4.40	(00), (01)
04	4.18	(03)
02	3.76	(03)
05	3.56	(00)
06	2.64	(05)
08	2.36	(04), (06)
07	1.76	(04)
09	1.04	(07), (08)
10	0.55	(09)

Paso 5 Los elementos de trabajo se asignan ahora a las diversas estaciones a los pesos posicionales (las tareas o elementos de trabajo con mayor peso posicional se asignarán primero) y el tiempo de ciclo del sistema. Por tanto, el elemento de trabajo con mayor peso posicional se asigna a la primera estación de trabajo. El tiempo no asignado se determina restando la suma de los tiempos de los elementos asignados el tiempo de ciclo estimado. Si hubiera un tiempo no asignado adecuado, entonces se puede asignar el elemento de trabajo con el siguiente peso posicional mayor, siempre que los elementos de trabajo en la columna de antecesores inmediatos hayan sido asignados.

El procedimiento continua hasta haber asignado todos los elementos de trabajo.

$$\text{ciclo del sistema} = \frac{(\text{min de trabajo} - \text{margen de error}) \times (\text{eficiencia})}{\text{Unidades a producir al día.}} \quad \text{Tiempo}$$

$$\text{Tiempo ciclo del sistema} = (480 - 72) \times (1.10) / 300 = 1.50 \text{ min / unidad}$$

El primer elemento de trabajo que se contempla es la (00) por su peso posicional de 6.26 y su tiempo de elemento de trabajo es de 0.46. Si su ciclo es de $1.50 - 0.4 = 1.04$ que es el tiempo de estación no asignado, por lo que se introduce en ésta estación de trabajo (1). La siguiente tarea a asignar es la que le sigue en peso posicional que será la (01) que tiene peso posicional de 4.75 y tiempo de elemento de trabajo de 0.35; si se tienen 1.04 min. de tiempo no asignado tendremos $(1.04) - (0.35) = 0.69$ min y así sucesivamente $(0.69 - 0.22) = 0.47$ min. disponibles para la siguiente tarea y así hasta asignar cada tarea a cada estación de trabajo.

Según la disposición que se ilustra con 6 estaciones de trabajo se tiene un tiempo ciclo de 1.32 min (estación de trabajo número 4), la cual cumplirá con el requisito de 300 unidades y producirá:

$$(480 - 72) \times (1.10) / (1.32) = 341 \text{ unidades}$$

Sin embargo con las estaciones de trabajo se tiene un tiempo de inactividad considerable, el tiempo muerto por ciclo es:

$$\begin{aligned} &= (1.32 - 1.28) + (1.32 - 1.10) + (1.32 - 1.15) + (1.32 - 1.32) + (1.32 - 1.21) + \\ &\quad (1.22 - 0.55) \\ &= 0.04 + 0.22 + 0.17 + 0 + 0.11 + 0.77 = 1.31 \text{ minutos} \end{aligned}$$

Para un equilibrio más favorable el problema se puede resolver para ciclos menores de 1.50 min., con esto aumenta el número de operario y la producción diaria que hay que almacenar, otra alternativa sería la de reducir las horas de trabajo del día.

Se han visto entonces que las decisiones sobre la distribución de planta va ligado en gran parte de las decisiones sobre la selección de procesos productivos, de ésta manera la distribución de planta estudia el arreglo de las instalaciones físicas de procesamiento para un tipo determinado de proceso.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN

MODULO I: DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

TEMA

**ANÁLISIS FACTORIAL DE PRODUCCIÓN
(ANEXO PRODUCTIVIDAD)**

**EXPOSITOR: M. en I. LOURDES ARELLANO BOLIO
PALACIO DE MINERIA
SEPTIEMBRE DEL 2000**

ANÁLISIS FACTORIAL DE PRODUCCIÓN .

El análisis factorial es una metodología de investigación industrial que constituye un enfoque ideal para la introducción a los estudios de los fenómenos económicos y análisis de productividad, útil en los problemas de diagnóstico. en el desarrollo de nuevos proyectos en la industria y en la cuantificación de algunas actividades.

A los factores de operación en los que se basa el análisis factorial que influyen de alguna manera en la operación de una empresa corresponde una tarea o función específica, que es asignada a un miembro del cuerpo directivo. El director de una empresa necesita información oportuna y seleccionada que le permita conocer con una sola mirada, si algún departamento está funcionando correctamente o no.

Las actividades y funciones que corresponden a los encargados de cada uno de los factores de operación son los siguientes:

1.- Medio ambiente.

Los encargados de este factor informarán oportunamente a la empresas de los cambios que ocurren en las condiciones externas para su orientación y asimismo, informar al exterior sobre las actividades de la empresa.

Esta información debe contener básicamente:

a) Desarrollo Tecnológico

Se encargará de recopilar la información relativa a las novedades de carácter técnico y científico que se refieran a los productos,

servicios, procesos, normas o prácticas administrativas relacionadas con la empresa. Esta información puede hacerse en una carpeta que contenga recortes de periódicos, revistas especializadas y otras fuentes de información. Es en ocasiones de utilidad solicitar por escrito los comentarios de los ejecutivos que se relacionan con el contenido de dicha información, tales como el Jefe de Producción, Jefe de Diseño o el Gerente de Ventas.

b) Desarrollo Económico

En la misma forma que el indicador anterior, se puede hacer un expediente con todos los comentarios en informes de carácter económico que puedan estar relacionados con la empresa.

Deben agregarse estudios de correlación y comentarios hechos por economistas o personas especializadas en esta materia.

c) Tendencias Económicas Externas

Existe información disponible de ciertas tendencias económicas que nos pueden servir para hacer comparaciones con respecto a la evolución de la empresa y para conocer cómo nos afectan o nos pueden afectar en el futuro. Las influencias del ambiente pueden ser locales, nacionales o internacionales, pero todos ellos pueden medirse mediante una gráfica de correlación o aplicando una fórmula.

El indicador de correlación en una gráfica que mide la relación entre la causa y el efecto, teniendo en cuenta que la causa siempre será el ambiente; y el efecto, las variaciones que tendremos en nuestras actividades, principalmente en los ingresos o ventas.

2.- Política y Dirección (administración general)

Tiene por misión fijar a la empresa objetivos razonables, y proveerla de los medios necesarios para alcanzarlos.

En la dirección ya se están tomando decisiones de ajuste para corregir tendencias que se separan del objetivo, pero, ¿cómo está funcionando esta dirección?

Se necesita contar también con indicadores que den a conocer si la actuación del director es correcta o no.

Dos son los indicadores básicos de este departamento: la dirección o rumbo y la velocidad de trabajo o rendimiento.

a) Dirección de la empresa

El director debe buscar un equilibrio al conducir a su empresa. Si trata de conseguir una gran productividad debe hacer grandes inversiones y por tanto la liquidez de la misma se resiste y no habrá dinero para pagar a los acreedores. En cambio, si mantiene alta la liquidez, para tener altos los créditos, la productividad de la empresa disminuye.

Para ayudar a la habilidad del administrador, gerente o director a mantener este equilibrio se sugiere la siguiente fórmula:

$$\text{Dirección} = \frac{\text{Liquidez}}{\text{Productividad}}$$

Donde:

$$\text{Liquidez} = \frac{\text{Capital de trabajo}}{\text{Activo circulante}}$$

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Utilidad neta}}{\text{Activo total}} \%$$

b) **Velocidad de trabajo.**

Representa el porcentaje o proporción en que se mueve el dinero y los productos dentro de un período determinado.

$$\text{Velocidad} = \frac{\text{Ventas netas}}{\text{Activo circulante}}$$

Además de los dos indicadores anteriores, se estudiará la rentabilidad de las inversiones hechas en la empresa.

c) **Rentabilidad de las ventas =** $\frac{\text{Utilidad neta}}{\text{Ventas netas}}$

d) **Rentabilidad de la empresa =** $\frac{\text{Utilidad neta}}{\text{Capital social}}$

e) **Rentabilidad de la fuerza de trabajo =** $\frac{\text{Utilidad neta}}{\text{nómina, participaciones y prestaciones a los empleados y obreros.}}$

f) **Rentabilidad de la participación pública =** $\frac{\text{Utilidad neta}}{\text{Impuestos al capital y al trabajo}}$

3.- Productos y Procesos.

Su actividad será la de seleccionar para su producción, los artículos que al mismo tiempo que presten servicios a los consumidores, rindan

beneficios a la empresa, y determinar los procesos adecuados de producción.

Los principales indicadores de este factor son:

a) Competencia

Se sugiere tener una carpeta con información de las mejoras, usos, aditamentos, volúmenes de ventas, aceptación, cambios, etc., de los productos, procesos o servicios competitivos, para obtener nuestro porcentaje de mercado.

Debe completarse con comentarios sobre las ventajas y las desventajas de estos mismos productos, proporcionados por la gerencia de ventas, vendedores, distribuidores y, si es posible, de nuestros propios clientes.

Agréguense conclusiones y sugerencias para mejorar nuestros propios productos.

b) Rentabilidad del producto

Con objeto de mantener fijas las unidades de medida, el estudio de rentabilidad del producto se hará mediante la técnica de análisis marginal o de conteo directo. Esta técnica consiste en considerar como costo del producto sólo el que sea directamente proporcional tanto a la fabricación como a la distribución, evitando los gastos de fabricación llamados también gastos indirectos. La rentabilidad del producto es el porcentaje de utilidad o margen sobre el precio de venta. Se expresa en tanto por uno.

De esta cantidad de margen se toma lo necesario para cubrir los gastos fijos de fabricación, distribución y administración, o sea

los gastos de estructura, y la diferencia representa la utilidad neta de la empresa.

c) Control de Calidad

El control de calidad se puede llevar por variables o por atributos. El primero se refiere a los productos medibles y el segundo a los que deben llenar determinadas características que, al carecer de ellas, se convierten en defectuosos.

Las principales gráficas para estos dos grupos son: la gráfica de medida y rangos, y la gráfica por fabricación defectuosa.

d) Indicador de rechazos

Todo gerente y administrador sabe la importancia de controlar el rechazo de sus productos por los clientes. Se necesita evitar al motivo que producen las devoluciones de ventas ya efectuadas. Para esta situación contamos con un indicador de rechazos que nos señala la tendencia de los mismos y que nos permite tomar mejores decisiones.

En este estudio lo que nos interesa es conocer el movimiento o tendencia del punto de equilibrio el cual llevamos en forma anual, semestral o mensual a la gráfica respectiva.

e) Política financiera

Desconocer la proporción general del activo y del pasivo de la empresa. No se puede dar una estructura tipo, por lo que cada institución debe buscar la que le sea más adecuada a sus características.

$$I = \frac{\frac{\text{Obligaciones a corto plazo}}{\text{Obligaciones a largo plazo}}}{\frac{\text{Activo circulante}}{\text{Activo fijo}}}$$

f) Independencia financiera

Con este indicador se estudia el grado de independencia que se tiene con respecto al financiamiento de las operaciones de la empresa.

$$I = \frac{\text{Capital contable}}{\text{Activo total}} \%$$

4.- Financiamiento.

La persona encargada de este factor tendrá que proveer de los recursos monetarios adecuados por su cuantía y origen, para efectuar las inversiones necesarias, así como para desarrollar las operaciones de la empresa.

Los indicadores de este aspecto nos darán por tanto el equilibrio que debe haber en las finanzas de la empresa, representado por la disponibilidad de dinero y la oportunidad de nuestros pagos a los acreedores.

a) Indicador del Capital de Trabajo

Este representa el porcentaje de los bienes circulantes no comprometidos con respecto al activo circulante.

Al restar el pasivo a corto plazo al activo circulante (para producción es igual al capital de trabajo), te quedan los valores libres de compromiso, o sea el capital de trabajo.

Conviene presentar el conjunto de valores liberados a base de porcentajes, en orden de realización, en un estado de capital de trabajo. El indicador lo obtenemos como sigue:

$$I = \frac{\text{Capital de trabajo}}{\text{Activo circulante}} \%$$

La política financiera puede ser la de maximizar el capital de trabajo o bien la de mantenerlo en un nivel adecuado.

La inspección continua a este indicador de capital de trabajo ayuda a mantener el equilibrio de las cuentas por pagar.

b) Indicador de cartera

Conviene tener un indicador que muestre mensualmente la tendencia de las cifras que representan las cuentas no cobradas por antigüedad de saldos vencidos, así como el número de clientes que se encuentran retrasados en sus pagos.

c) Indicador de cobranzas

Este indicador nos muestra el porcentaje de eficiencia del departamento de cobranzas y se calcula con el porcentaje que representa la cantidad cobrada mensualmente con respecto a la facturación. Antigüedad de saldos.

d) Indicador del punto de equilibrio.

Da a conocer el porcentaje de las ventas que se requieren para cubrir los gastos fijos o de estructura de la empresa.

$$I = \frac{\text{Punto de equilibrio}}{\text{Ventas totales}}$$

$$Pe = \frac{\text{Gastos fijos}}{\text{*Margen en porcentaje}} = \frac{E}{Hp}$$

*Margen = Ventas - Costo de Ventas

Pe = punto de equilibrio

e) Grado de autofinanciamiento

Muestra el porcentaje de las utilidades reinvertidas en la empresa con base al capital social.

$$\text{Autofinanciamiento} = \frac{\text{Reservas de capital}}{\text{Capital social}}$$

Debe buscarse el ascenso en la tendencia, ya que se trata de una gráfica de maximización.

f) Dependencia bancaria

Es conveniente conocer el grado de dependencia que se tiene con los bancos para mantener el equilibrio durante el crecimiento natural de la empresa.

$$\text{Dependencia bancaria} = \frac{\text{Creditos bancarios}}{\text{Activo total}}$$

Esta es una gráfica de estabilización.

g) Movilidad del activo circulante

Señala la proporción de los bienes se operación con base en la inversión total.

$$\text{Movilidad} = \frac{\text{Activo circulante}}{\text{Activo total}}$$

También es una gráfica de estabilización.

h) Estabilidad de las inversiones

Puede hacerse una comparación de la rentabilidad del activo total, del capital contable o inversiones de la empresa, y del capital social o inversión de los socios.

En virtud de que se trata de utilidades, la gráfica es maximización.

5.- Medios de producción.

Las personas encargadas de este factor deberán tener conocimiento de maquinaria y equipo de la rama sobre la que se está trabajando y, además, conocer sobre terrenos, edificios e instalaciones para poder dotar a la empresa y ésta efectúe sus operaciones eficientemente.

Desde el punto de vista de manejo de la empresa, existen tres divisiones:

I Personal

II Bienes

III Servicios

Los siguientes indicadores mantienen al tanto de lo que suceda con las inversiones:

a) Productividad de los medios de producción

Señala la cantidad de producción lograda por cada hora-máquina.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción (unidades)}}{\text{Horas-máquina}}$$

b) Mantenimiento

Indica el costo de mantenimiento por cada peso gastado en la producción, en un período determinado.

$$\text{Mantenimiento} = \frac{\text{Costo de mantenimiento}}{\text{Costo de producción}}$$

c) Estado del activo fijo

Este indicador debe compararse con el resultado de ejercicios anteriores. Señala la cantidad gastada en mantenimiento y reparación por cada peso en activo fijo.

$$\text{Estado del activo fijo} = \frac{\text{Costo de reparación y mantenimiento}}{\text{Activo fijo}}$$

d) Intensidad de la inversión

Representa la cantidad invertida en la estructura general por cada peso invertido en la empresa.

$$\text{Intensidad} = \frac{\text{Activo fijo}}{\text{Activo total}}$$

e) Grado de mecanización

Muestra los pasos que da la empresa hacia la automatización y la velocidad con que lo logra.

$$\text{Mecanización} = \frac{\text{Maquinaria y equipo}}{\text{Activo total}}$$

6.- Fuerza de trabajo.

El personal encargado de este punto seleccionará y adiestrará personal idóneo y lo organizará tratando de alcanzar la óptima productividad en el desempeño de sus labores.

La fuerza de trabajo o personal de la empresa es uno de los puntos clave para lograr la máxima productividad en la compañía.

Debemos concentrar la atención en los indicadores que nos muestran no sólo la cantidad de trabajo y ociosidad, sino el grado de satisfacción que tienen los empleados al desempeñar sus actividades.

a) Indicador de las horas-hombre trabajadas

Da a conocer los cambios en la fuerza de trabajo ocupada. Se usa cuando hay grandes variaciones en la capacidad de horas-hombre instalada con el tiempo trabajado efectivamente.

b) Salario medio

$$\text{Salario medio} = \frac{\text{Salario pagado}}{\text{horas-hombre trabajadas}}$$

c) Índices de productividad

La productividad es la proporción dinámica de la producción y sus insumos o componentes.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción}}{\text{Insumo}}$$

También la productividad la podemos medir observando el desarrollo de la proporción, lo logrado y lo programado.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Logrado}}{\text{Programado}}$$

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Realizado}}{\text{Presupuestado}}$$

Otra de las formas es la que mide la producción lograda con las horas-hombre trabajadas.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción}}{\text{hora-hombre trabajadas}}$$

d) Ausentismo

Este indicador señala además del porcentaje de horas ausentes, el grado de inconformidad que tienen los trabajadores con las políticas internas de la empresa.

$$\text{Ausentismo} = \frac{\text{horas-hombre ausentes}}{\text{horas-hombre trabajadas}}$$

e) Índice de frecuencias de accidentes

Muestra la frecuencia con que se presentan los accidentes en relación al tiempo trabajado.

$$\text{Frecuencia de accidentes} = \frac{\text{Núm. de accidentes con incapacidad} \times 1'000,000}{\text{horas-hombre trabajadas}}$$

f) Rotación de mano de obra = $\frac{\text{número de trabajadores separados}}{\text{número promedio de trabajadores}}$

g) Ventas por trabajador = $\frac{\text{ventas totales}}{\text{número de trabajadores}}$

Existen más indicadores que se pueden elaborar dependiendo de las necesidades.

7.-Suministros.

Esta persona se encargará de que la empresa tenga un suministro continuo de materiales y servicios de calidad a precios convenientes.

La existencia de materia prima, productos en proceso y productos terminados en los almacenes respectivos, se justifica por la necesidad de tener una protección adecuada para la producción o distribución. Pero no es conveniente tampoco tener grandes cantidades de materias primas o producto terminado por los riesgos que se corren: pérdidas, robos, incendios, obsolescencia, etc.

Debe hacerse un estudio técnico y económico para determinar el punto de equilibrio de los riesgos que supone la existencia en los almacenes.

a) Movilidad de los inventarios

Presenta la tendencia del nivel de los inventarios con base en la inversión propia, o sea el capital contable.

$$\text{Movilidad de los inventarios} = \frac{\text{Inventarios}}{\text{Capital contable}}$$

b) Importancia de los Suministros = $\frac{\text{Costos de la materia prima y materiales}}{\text{Costos de fabricación}}$

c) Rotación de los materiales = $\frac{\text{Materia prima empleada en el mes}}{\text{Inventario de materia prima en el mes}}$

d) Entrega de suministros

$$\text{Entrega} = \frac{\text{Días de entrega de proveedores}}{\text{Días de producción}}$$

8.- Actividad productora.

Organizará y efectuará las operaciones de producción en forma eficiente y económica. Algunos de los indicadores pueden ser:

a) Utilización de la capacidad productora

Puede medirse mediante cualquiera de los siguientes indicadores:

- I $\frac{\text{Cantidad física de artículos (Producción)}}{\text{Capacidad instalada en la empresa}}$ (Producción en un intervalo de tiempo)
- II $\frac{\text{Tiempo real de trabajo}}{\text{Tiempo óptimo de trabajo}}$

b) Utilización de los materiales = $\frac{\text{Desechos y desperdicios}}{\text{Materia prima}}$ (porcentaje de merma)

Debe buscar una tendencia a la minimización.

9.- Mercadeo.

Se encargará de adoptar las medidas que garanticen el flujo continuo de los productos al mercado y que proporcionen el óptimo beneficio tanto a la empresa como a los consumidores.

Los indicadores para ver el perfil de la empresa con este factor son:

a) Tendencia

Se grafica la tendencia de las ventas y se calcula matemáticamente de acuerdo a la fórmula:

$$y = a x + b$$

- b) Rentabilidad de las Ventas = $1 - \frac{\text{Gastos fijos}}{\text{Ventas-Gastos Variables}}$
- c) Influencia de la distribución = $\frac{\text{Gastos de ventas y distribución}}{\text{Costo de lo vendido}}$
- d) Influencia de la Ubicación = $\frac{\text{Gastos de transporte y acarreo}}{\text{Costo de lo vendido}}$
- e) Influencia de la propaganda = $\frac{\text{Gastos de propaganda y promoción}}{\text{Ventas netas}}$
- f) Proporción de devoluciones = $\frac{\text{Valor de la mercancía de vuelta}}{\text{Ventas netas}}$

10. Contabilidad y Estadística.

Deberá establecer y tener en funcionamiento una organización para la recopilación de datos, particularmente financieros y de costos, con el fin de mantener informada a la empresa de los aspectos económicos de sus operaciones en forma oportuna fácil de analizar a un bajo costo. Las funciones mal desempeñadas dan lugar a que, incluso las colaboraciones más perfectas, sean ineficaces. Al analizar detalladamente las operaciones de una empresa se descubre por regla general, que una falla en el desempeño de una o de varias de estas funciones origina la ineficacia de toda la empresa.

Esto pone en relieve que todas las funciones de una empresa deben ser cumplidas de tal modo y en tal grado, que contribuyan con su parte adecuada y específica a la tarea común. Las funciones defieren en importancia o "peso" de acuerdo con su relativa contribución al total. El director debe escoger los factores que sean necesarios a su empresa y

también puede idear nuevos indicadores si es que necesita alguna información especial.

Los indicadores de los factores han sido diseñados para recibir información el final de cada período, acumularse en forma estadística a la de períodos anteriores y presentar la tendencia respectiva. Una información estática no servirá para tomar medidas correctivas ni sería fácil su interpretación administrativa.

Los indicadores no dicen el por qué está mal el funcionamiento de una actividad o trabajo, sino sólo señalan la anomalía y cuando ésta se presenta el Gerente de Administración y Finanzas debe pedir mayor información o hacer personalmente una investigación minuciosa para determinar las causas de la irregularidad.

Tomando en consideración la inflación podemos resumir que:

1.- El medio ambiente.

Al verse afectadas las influencias externas como son los aspectos económicos y los sociales por el alza de precios, por la especulación y acaparamiento de la mercancía, por efecto de la inflación se alterará gradualmente este factor y no será lo mismo si consideramos esta alteración en la Economía.

2.- Política y dirección.

Será afectada grandemente ya que las políticas serán de menor duración y la planeación será a corto plazo por las variaciones que existen en la Economía externa que vendrá a efectos indudablemente a la economía interna de una empresa.

3.- Productos y Procesos.

Se verá afectada por la inflación ya que se tenderá en este momento más que nunca a mejorar el diseño, la calidad y la productividad para poder seguir siendo competitivos en la rama donde se esté desarrollando.

Los productos no básicos se verán afectados en cuanto a la disminución en la demanda, por el alza de los precios en los artículos básicos. Ya que la demanda del mercado está en la función del precio, y esta relación será inversa, es decir que a mayor precio, menor será la cantidad demandada.

4.- Financiamiento.

El financiamiento se verá afectado ya que si las perspectivas a largo plazo son de una elevación del nivel de precios, el incentivo para el ahorro puede verse seriamente debilitado. Las tasas de interés se elevarán drásticamente, debido a un descenso de ahorro real y a la expectativa de elevación de los precios, entonces la inversión y el crecimiento se demorará.

5.- Medios de producción.

No podemos ignorar el factor inflación al hacer un análisis o evaluación de estos medios, ya que al igual que los productos se verán afectados, porque los individuos tienden a convertirse en este momento, en especuladores o a aumentar su propensión al consumo y entonces el crecimiento económico se verá seriamente reprimido.

6.- Fuerza de trabajo.

Este aspecto es uno de los más afectados por la inflación.

En muchas industrias la escala de salarios se basa en el costo de la vida. En caso de que éste se eleve, los salarios aumentan

automáticamente. Esto induce a su vez a los empresarios a elevar los precios.

Como consecuencia de esto se eleva el costo de las cosas que adquieren los agricultores, el índice de paridad y los precios agrícolas se elevan, de forma que el costo de la vida se eleva de nuevo y los salarios deben elevarse otra vez.

Un aumento muy divulgado de salarios y precios de las grandes industrias puede sugerir posteriores elevaciones en otros sectores.

Es por ello que la caída del empleo es debida a la presión monopolista sobre los precios y los salarios.

7.- Suministros.

Los consumidores e inversionistas al ver la tendencia de la inflación se anticipan a posteriores elevaciones de precios e intensifican su demanda de bienes y servicios. Ya que los aumentos de precios resultantes provocan un estado de participación para cambiar monedas por mercancías, aceleran asimismo su ritmo para la acumulación de stocks, y su programa de inversión de capital para anticiparse a la esperada elevación del costo de los materiales y máquinas.

8.- Actividad productora.

La inflación perjudica a la producción ya que sustituye la industria y la austeridad por el atesoramiento y la especulación y si también han sido afectados los suministros y la fuerza de trabajo que son parte de la actividad productora estaría de más contradecir que no se ve afectada.

9.- Mercadeo.

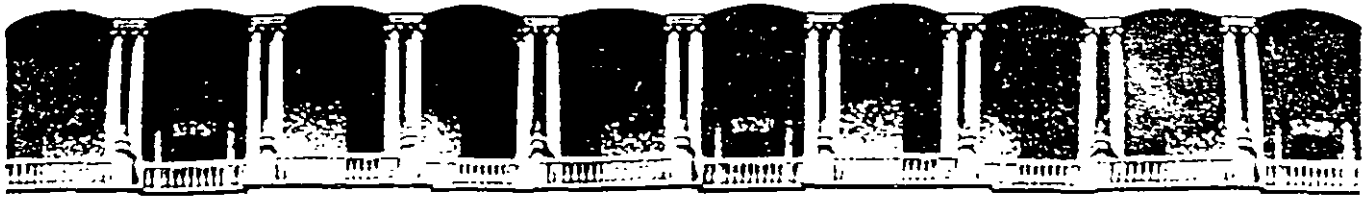
En el momento en que existe un grado muy alto de inflación ya no se puede garantizar un flujo continuo de productos a no ser que se trate

de un producto de primerísima necesidad, en caso contrario, quizás no se justifiquen los altos costos de distribución de propaganda, etc.

10.-Contabilidad y Estadística.

Se verán afectadas por la inflación si no están debidamente informados y sus técnicos no son los más actualizados.

El resultado final de todas estas anomalías causadas por la inflación traen consigo el enfrentamiento de la sociedad contra sí misma, y las instituciones políticas se someten a una intolerable tensión



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN

MODULO I: DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

TEMA

**DIAGNOSTICO DE PRODUCTIVIDAD
(ANEXO PRODUCTIVIDAD)**

**EXPOSITOR: M. en I. LOURDES ARELLANO BOLIO
PALACIO DE MINERIA
SEPTIEMBRE DEL 2000**

DIAGNÓSTICO DE PRODUCTIVIDAD

El diagnóstico o determinación de las limitaciones o anomalías de las actividades de una empresa puede hacerse mediante técnicas diferentes. Vamos a utilizar una de ellas, el análisis factorial y causal.

Este análisis se desarrolla mediante el siguiente método:

1. Se divide la actividad estudiada en sus factores o componentes. El grado de división depende de la profundidad de análisis que quiera hacerse. Por ejemplo, si deseamos analizar el ambiente, lo podemos dividir en los siguientes factores:

- a) Económico**
- b) Social**
- c) Tecnológico**
- d) Físico**

Otra división podría ser en función de las relaciones o influencias sobre las actividades de la compañía.

- a) Industria competitiva**
- b) Facilidades gubernamentales**
- c) Medios de comunicación**
- d) Cercanías de mercados**
- e) Fuentes de abastecimientos**
- f) Desarrollo tecnológico, etcétera**

Vamos a utilizar los indicadores descritos en este trabajo como factores de análisis

- a) **Desarrollo tecnológico**
- b) **Desarrollo económico**
- c) **Tendencias económicas**
- d) **Correlación con la competencia**

2. Se elabora una escala que representa el grado de satisfacción de cada factor, desde cero para la carencia total del mismo, hasta 1.00 para la completa satisfacción.

- a) **Aceptable, 1.00**
- b) **Limitado, 0.50**
- c) **No aceptable, 0.25**
- d) **Inexistente, 0**

O bien, otra escala más amplia:

- a) **Extraordinario, 1.00**
- b) **Bueno, 0.80**
- c) **Regular, 0.60**
- d) **Malo, 0.40**
- e) **Pésimo, 0.20**
- f) **Inexistente, 0**

3. Se evalúa el factor componente, examinando la tendencia, dirección, exactitud y precisión del indicador, para darle un grado de satisfacción y se señala con una cruz la columna que corresponde en la escala.

	a	b	c
a) Desarrollo tecnológico		x	
b) Desarrollo económico	x		
c) Tendencias económicas	x		
d) Correlación con la competencia			x

En este caso, como vamos a utilizar únicamente los indicadores con los que trabajamos, no se necesitará la columna para el grado (d), que significa inexistente.

4. Cuando el factor analizado tiene limitación, o sea. cuando se marca la columna (b) o (c). buscaremos en qué función se encuentra la causa de dicha limitación. Se utiliza una columna más (L) para anotar el número de este factor limitante.

- 1) Ambiente
- 2) Producto
- 3) Estructura financiera
- 4) Suministros
- 5) Fuerza de trabajo
- 6) Medio de producción
- 7) Actividad productora
- 8) Mercadeo
- 9) Contabilidad y estadística
- 10) Dirección

	a	b	c	L
a) Desarrollo tecnológico		x		10
b) Desarrollo económico	x			
c) Tendencias económicas	x			
d) Correlación con la competencia			x	1

5. Se suma el número de anotaciones hechas en cada columna:

$$\begin{array}{cccc} a & b & c & L \\ 2 & 1 & 1 & 2 \end{array}$$

6. Se calcula la eficiencia, multiplicando el número de anotaciones de cada una de las tres primeras columnas por la ponderación dada a las mismas. La suma de estas evaluaciones se divide entre el número de indicadores analizados y el resultado es la eficiencia.

$$E = \frac{a + b(0.5) + c(0.25)}{n} = \frac{2 + 1(0.5) + 1(0.25)}{4} = 0.69$$

Como la cifra está dada en tanto por uno, el resultado puede leerse como 69%.

7. La deficiencia es el complemento a la unidad, del valor de la eficiencia.

$$\text{Deficiencia} = 1 - 0.69 = 0.31$$

8. Se calcula el porcentaje de limitación, dividiendo la unidad entre el número de anotaciones que hay en la columna (L).

$$f = 1/L = 1/2 = 0.50$$

9. Se multiplica este porcentaje por la cantidad de anotaciones de una misma función, para conocer el porcentaje de limitación que proviene de cada departamento.

$$\text{Función 1} = 0.50 \times 1 = 0.50$$

$$\text{Función 10} = 0.50 \times 1 = 0.50$$

Antes de continuar con la metodología, vamos a ilustrar con un ejemplo los nueve pasos anteriores.

A. Ambiente

	a	b	c	L
1. Desarrollo tecnológico	x			10
2. Desarrollo económico	x			
3. Tendencia económica	x			
4. Fuerza competitiva			x	1
	2	1	1	2

B. Producto:

	a	b	c
1. Fuerza competitiva			x
2. Rentabilidad del producto	x		
3. Calidad del producto		x	
4. Aceptación del producto			x
	1	2	1

C. Estructura financiera

	a	b	c	L
1. Capital de trabajo	x			
2. Cartera		x		3
3. Cobranza		x		3
4. Punto de equilibrio		x		10
5. Política financiera	x			
6. Independencia financiera	x			
7. Liquidez de la estructura	x			
8. Autofinanciamiento			x	3
9. Dependencia bancaria	x			
10. Movilidad del activo circulante	x			
11. Rentabilidad de las inversiones			x	10
	6	3	2	5

D. Suministros

	a	b	c	L
1. Nivel de los inventarios				x 10
2. Inmovilidad de los inventarios				x 10
3. Movilidad de los inventarios				x 10
4. Importancia de los suministros		x		4
5. Rotación de los materiales			x	4
6. Rotación de los créditos pasivos			x	3
7. Plazo medio de los créditos pasivos		x		3
	0	3	4	7

E. Fuerza de trabajo

	a	b	c	L
1. H.H. trabajadas	x			7
2. Salario medio	x			3
3. Productividad del personal			x	5
4. Puntualidad y asiduidad	x			5
5. Seguridad del trabajo	x			
6. Proporción de los obreros	x			
7. Proporción de los salarios		x		10
8. Importancia de los salarios	x			
9. Importancia de las prestaciones	x			
10. Rotación de la mano de obra	x			1
11. Horas de trabajo	x			7
	4	6	1	7

F. Medios de producción

	a	b	c	L
1. Productividad de los medios		x		10
2. Costo de mantenimiento			x	3
3. Eficiencia del mantenimiento	x			
4. Intensidad de la inversión		x		10
5. Rentabilidad de la inversión			x	10
6. Grado de mecanización		x		
	2	4	0	4

G. Actividad productora

	a	b	c	L
1. Estabilidad de los costos	x			
2. Mano de obra		x		7
3. Tiempo productivo		x		8
4. Costo de preparación		x		5
5. Costo de la ociosidad o paro	x			
6. Nivel de los almacenes			x	10
7. Entrega de suministros	x			
8. Gastos de fabricación		x		10
9. Grado de transformación	x			
10. Grado de mecanización	x			
11. Capacidad productiva		x		7
12. Utilización de los materiales			x	7
13. Eficiencia de la inspección	x			
14. Velocidad de máquinas				
15. Aprovechamiento de capacidad instalada				
	6	5	2	7

H. Mercadeo

	a	b	c	L
1. Estabilidad del perfil de ventas	x			
2. Tendencia de las ventas	x			
3. Exactitud y precisión del presup.	x			
4. Rentabilidad de las ventas	x			
5. Ventas por vendedor	x			
6. Costo de la distribución		x		8
7. Costo del transporte y acarreo		x		1
8. Costo de la promoción	x			
9. Costo de la investigación	x			
10. Aceptación del producto		x		1
	7	3	0	3

I. Contabilidad y estadística

J. Dirección

	a	b	c	L		a	b	c	L
1. Oportunidad de la información	x			9	1. Dirección	x			
2. Costo del servicio	x			9	2. Velocidad	x			
3. Carga de trabajo	x			9	3. Rentabilidad de las ventas		x		10
					4. Rentabilidad de la empresa		x		10
					5. Rentabilidad de las aportaciones		x		10
					6. Rentabilidad de la fuerza de trabajo	x			
					7. Rentabilidad de la participación pública	x			
	0	0	3	3		4	3	0	3

Cálculo de la eficiencia, deficiencia y porcentaje de influencia limitante de cada función.

A. Ambiente

$$\text{Eficiencia} = \frac{2 + 1(0.5) + 1(0.25)}{4} = 0.69 \quad \text{Deficiencia} = 0.31$$

$$\text{Limitante} = \frac{1}{2} = 0.50$$

$$\text{Función 1} = 0.50 \times 1 = 0.50$$

$$\text{Función 10} = 0.50 \times 1 = 0.50$$

B. Producto

$$\text{Eficiencia} = \frac{1 + 2(0.5) + 1(0.25)}{4} = 0.56 \quad \text{Deficiencia} = 0.44$$

$$\text{Limitante} = \frac{1}{3} = 0.33$$

$$\text{Función 1} = 0.33 \times 2 = 0.67$$

$$\text{Función 7} = 0.33 \times 1 = 0.33$$

C. Estructura financiera

$$\text{Eficiencia} = \frac{6 + 3(0.5) + 2(0.25)}{11} = 0.73 \quad \text{Deficiencia} = 0.27$$

$$\text{Limitante} = 1/5 = 0.20$$

$$\text{Función 3} = 0.20 \times 3 = 0.60$$

$$\text{Función 10} = 0.20 \times 2 = 0.40$$

D. Suministros

$$\text{Eficiencia} = \frac{0 + 3(0.5) + 4(0.25)}{7} = 0.36 \quad \text{Deficiencia} = 0.64$$

$$\text{Limitante} = 1/7 = 0.14$$

$$\text{Función 3} = 0.14 \times 2 = 0.29$$

$$\text{Función 4} = 0.14 \times 2 = 0.29$$

$$\text{Función 10} = 0.14 \times 3 = 0.42$$

E. Fuerza de trabajo

$$\text{Eficiencia} = \frac{4 + 6(0.5) + 1(0.25)}{11} = 0.66 \quad \text{Deficiencia} = 0.34$$

$$\text{Limitante} = 1/7 = 0.14$$

$$\text{Función 1} = 0.14 \times 1 = 0.14$$

$$\text{Función 3} = 0.14 \times 1 = 0.14$$

$$\text{Función 5} = 0.14 \times 2 = 0.29$$

$$\text{Función 7} = 0.14 \times 2 = 0.29$$

$$\text{Función 10} = 0.14 \times 1 = 0.14$$

F. Medios de producción

$$\text{Eficiencia} = \frac{2 + 4(0.5) + 0(0.25)}{6} = 0.67 \quad \text{Deficiencia} = 0.33$$

$$\text{Limitante} = \frac{1}{4} = 0.25$$

$$\text{Función 3} = 0.25 \times 1 = 0.25$$

$$\text{Función 10} = 0.25 \times 3 = 0.75$$

G. Actividad productora

$$\text{Eficiencia} = \frac{6 + 5(0.5) + 2(0.25)}{13} = 0.69 \quad \text{Deficiencia} = 0.31$$

$$\text{Limitante} = \frac{1}{7} = 0.14$$

$$\text{Función 5} = 0.14 \times 1 = 0.14$$

$$\text{Función 7} = 0.14 \times 3 = 0.44$$

$$\text{Función 8} = 0.14 \times 1 = 0.14$$

$$\text{Función 10} = 0.14 \times 2 = 0.28$$

H. Mercadeo

$$\text{Eficiencia} = \frac{7 + 3(0.5) + 0(0.25)}{10} = 0.85 \quad \text{Deficiencia} = 0.15$$

$$\text{Limitante} = \frac{1}{3} = 0.33$$

$$\text{Función 1} = 0.33 \times 2 = 0.67$$

$$\text{Función 8} = 0.33 \times 1 = 0.33$$

I. Contabilidad

$$\text{Eficiencia} = \frac{0 + 0(0.5) + 3(0.25)}{3} = 0.25 \quad \text{Deficiencia} = 0.75$$

$$\text{Limitante} = \frac{1}{3} = 0.33$$

$$\text{Función 9} = 0.33 \times 3 = 1.00$$

FACTORES LIMITANTES %

FACTOR	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10												
1	[Gráfico de barras de productividad/eficiencia]										50										50											
2											66									34												
3												40	60																		45	
4													28	29																		43
5													14								14		29		29							14
6														25																		75
7																							14		43	14						29
8																					66							34				
9																													100			
10																																100

20 4 13 3 4 0 11 5 10 31

Conclusión:

Factor limitado mayor: (4) suministros

Factor limitante mayor: (10) dirección

Por lo que podemos concluir que esta empresa tiene un 64% de productividad o eficiencia y un 36% de deficiencia en su desarrollo, por lo que se debe actuar de inmediato para ofrecer soluciones sobre el factor (10) dirección, determinando la causa de su ineficiencia.

FIGURA. GRÁFICA DE VALORES LIMITANTES

FACTOR	EFICIENCIA										CAUSA											
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	0.69										0.50										0.50	
2	0.56									0.38	0.67						0.33					
3	0.73	EFICIENCIA 0.62								0.38			0.60								0.40	
4	0.30												0.29	0.29							0.42	
5	0.66										0.14		0.14		0.29		0.29				0.14	
6	0.67												0.25								0.75	
7	0.69														0.14		0.44	0.14			0.28	
8	0.85										0.67							0.33				
9	0.25																			1.00		
10	0.79																				1.00	
	6.19		10.00										1.98		1.28	0.29	0.43		1.06	0.47	1.00	3.49
			1.00										0.20		0.13	0.03	0.04		0.10	0.05	0.10	0.35

J. Dirección

$$\text{Eficiencia} = \frac{4 + 3(0.5) + 0(0.25)}{7} = 0.79 \quad \text{Deficiencia} = 0.21$$

$$\text{Limitante} = 1/3 = 0.33$$

$$\text{Función 10} = 0.33 \times 3 = 1.00$$

10. Los resultados de esta evaluación se anotan como los indican las tablas anexas.

11. La deficiencia de la empresa es el promedio de las deficiencias funcionales o departamentales:

$$\text{Deficiencia} = \frac{E}{10} = 3.81/10 = 0.38$$

$$\text{y la eficiencia de la empresa} = 6.19/10 = 0.62$$

12. El porcentaje de influencia limitante en la empresa se obtiene dividiendo el total de valores de cada columna entre la suma de estos totales.

$$1.98 + 1.28 + 0.29 + 0.43 + 1.06 + 0.47 + 1.00 + 3.49 = 10.00$$

$$1.98/10.0 = 0.20$$

$$1.28/10.00 = 0.13, \text{ etcétera.}$$

Estas cantidades se anotan en el último renglón de la gráfica de valores limitantes.

13. Se calcula el porcentaje relativo de influencia limitante de cada factor dividiendo el porcentaje de cada renglón entre la suma de cada columna. El resultado se anota en la matriz de limitaciones unitarias:

$$0.50/1.98 = 0.25$$

$$0.67/1.98 = 0.34$$

$$0.14/1.98 = 0.07, \text{ etcétera}$$

FACTORES LIMITANTES

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
FACTORES LIMITADOS	1	0.25									0.14	
	2	0.34						0.31				
	3			0.47							0.11	
	4			0.23	1.00						0.12	
	5	0.07		0.11		0.67		0.27			0.04	
	6			0.20							0.21	
	7					0.33		0.42	0.30		0.08	
	8	0.34							0.70			
	9									1.00		
	0											0.30

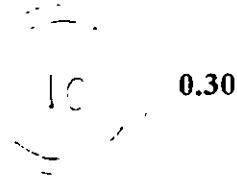
Función limitada	Indicadores limitados por la función	Porcentaje de la influencia dirección
PRIMERA ETAPA:		
10	3. Rentabilidad de las ventas	
	4. Rentabilidad de la empresa	
	5. Rentabilidad de las aportaciones	0.30
3	4. Punto de equilibrio	
	11. Rentabilidad de las inversiones	0.11
1	1. Desarrollo tecnológico	0.14
	Porcentaje por corregir en la etapa	0.55
SEGUNDA ETAPA:		
5	7. Proporción de los salarios	0.04
4	1. Nivel de los inventarios	
	2. Inmovilización de los inventarios	
	3. Movilidad de los inventarios	0.12
	Porcentaje por corregir en la etapa	0.16

Antes de planear nuevos ajustes debe hacerse un nuevo diagnóstico para observar si los indicadores presentan cambios favorables. Si no hay cambio favorable o simplemente no hay cambio en los indicadores, significa que las medidas que se están tomando para corregir la actividad son incorrectas y por tanto debe revisarse la reorganización.

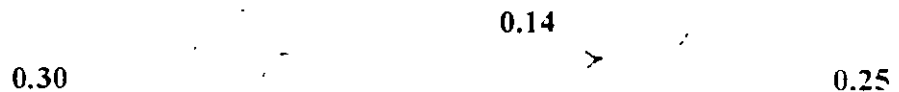
14. Se dibuja la red de limitaciones y causas utilizando como punto de partida la función más limitante. En este caso es la función 10 con un total de 0.35 según puede observarse en la gráfica de valores limitantes.

Cada función se representa con un círculo conteniendo en su interior el número asignado.

Si está autolimitada la función se dibuja un círculo doble y se marca en el exterior el porcentaje de dicha limitación.



Este último valor se obtiene de la matriz de información. Se hace la conexión de las funciones limitantes con las limitadas por medio de una línea con flecha, anotando en la punta el porcentaje de influencia.



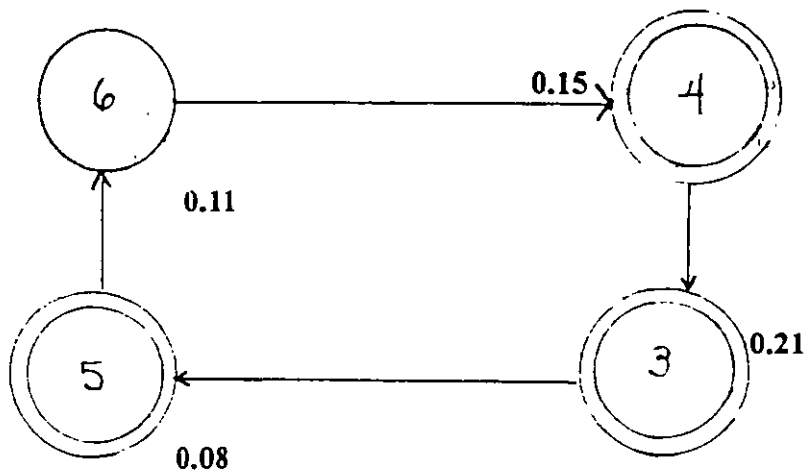
Al terminarse el dibujo de la red, pueden encontrarse dos casos:

a) Cadenas limitantes:

Una función limitada a una segunda; ésta limitada a una tercera y así sucesivamente. Conviene señalar con línea gruesa las conexiones que corresponden a la cadena más larga.

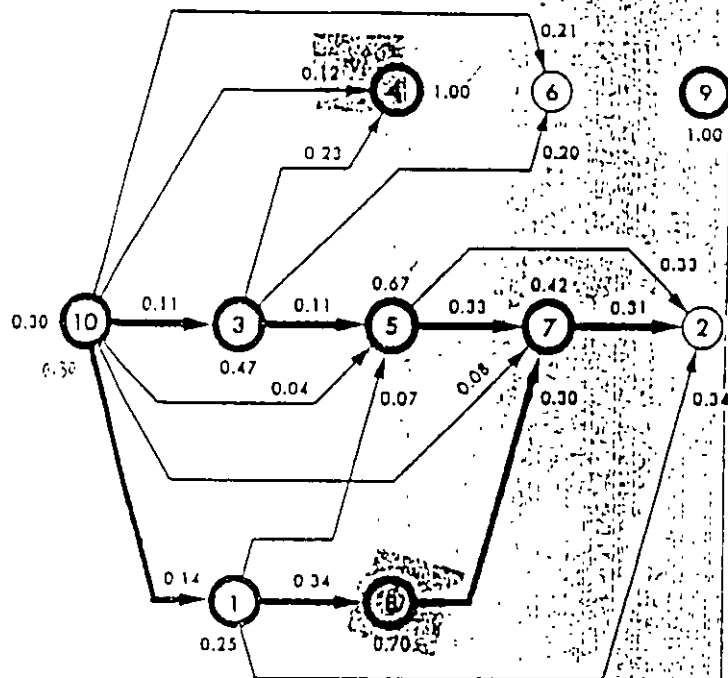
b) Círculos limitantes:

Es una cadena cerrada en donde la causa se convierte en efecto al pasar por una serie de funciones. Debe marcarse con línea gruesa.



En estos casos la acción correctiva se inicia en la función más limitante. En la figura anterior sería la función 4 con 0.21 de influencia en el círculo.

En el ejemplo que estamos desarrollando, la red de limitaciones y causas es la siguiente:



En la que podemos observar que no hay círculos limitantes, sino únicamente dos cadenas grandes de cuatro funciones cada una.

- 15. Se hace el proyecto de corrección de limitantes, buscando en cada unión los indicadores limitados por la causa original, en orden de aparición en la cadena.**

Si la reorganización resulta muy voluminosa, puede dividirse en etapas progresivas de corrección.

Proyecto de reorganización.

BIBLIOGRAFÍA

AGUSTÍN MONTAÑO G.
Diagnóstico industrial
Editorial Trillas, 1978. México

ALFRED W. KLEIN y NATHAN GRABINSKY
El análisis factorial
Banco de México, S.A.
Investigaciones Industriales
Sexta edición, 1976

RUBÉN MÚJICA VÉLEZ
La inflación: aspectos ideológicos y políticos
Editorial Fondo de Cultura Económica, 1976.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN

MODULO I: DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

TEMA

**ENCUESTA PARA REALIZAR ANÁLISIS FACTORIAL
(ANEXO PRODUCTIVIDAD)**

**EXPOSITOR: M. en I. LOURDES ARELLANO BOLIO
PALACIO DE MINERIA
SEPTIEMBRE DEL 2000**

ENCUESTA PARA REALIZAR UN ANÁLISIS FACTORIAL

MEDIO AMBIENTE

a) Desarrollo tecnológico.

- 1.- ¿Cuenta con algún medio de información que lo tenga al tanto en cualquier avance técnico en su área (productos alimenticios)?

Sí _____ Revista _____ No _____
Periódico _____
Informes o estudios _____
Otros _____

¿Cuál? _____

b) Desarrollo económico

- 2.- De la misma forma ¿tiene información de tipo económico para mantener al tanto a su empresa de alza de precios, especulación, acaparamiento de alimentos, etc.?

Sí _____ El propio mercado _____ No _____
Informes externos _____
Otros _____

¿Cuál? _____

c) Interrelación con el medio

3.- ¿Tiene información de empresas que tienen el mismo giro (alimentos) o realizan la misma actividad productora?

Sí _____

¿Qué información?

Localización _____

Horario _____

Mercado _____

Influencia sobre su misma
clientela _____

4.- ¿Hubo alguna intervención del gobierno en la localización de su empresa?

Sí _____

No _____

5.- ¿De qué servicios dispone?

¿Ha tenido problemas con el suministro?

	Sí	No	Sí	No
Agua	_____	_____	_____	_____
Drenaje	_____	_____	_____	_____
Alumbrado público	_____	_____	_____	_____
Vigilancia	_____	_____	_____	_____
Limpia	_____	_____	_____	_____

6.- ¿Cuenta con los medios de comunicación suficientes para el funcionamiento de su empresa?

	Suficientes	A veces	Insuficientes
Teléfono	_____	_____	_____
Transporte	_____	_____	_____
Comunicación entre locales	_____	_____	_____

entre empleados _____

7.- ¿Influye de alguna manera la cercanía o lejanía de su empresa con la clientela?

Sí _____ la cercanía _____ ¿En qué porcentaje? 15% _____
la lejanía _____ 30% _____
60% _____
80% _____
otro _____

¿Cualquier deficiencia es cubierta?

Sí _____ No _____

8.- ¿Tiene alguna relación de sus fuentes de abastecimiento (donde comprar sus alimentos)?

Sí _____ ¿Qué uso les da? _____ No _____

PRODUCTOS Y PROCESOS

1.- ¿Cuenta con algún control de calidad tanto para sus productos (alimento terminado), como para los necesarios para su elaboración?

Alimento procesado Sí _____ No _____

Materia prima (necesarios para elaboración). Sí _____ No _____

2.- ¿A qué corresponden los ingredientes utilizados en la elaboración del producto en su empresa?

Precio	Sí _____	No _____
Sabor	Sí _____	No _____
Calidad	Sí _____	No _____
Distribuciones	Sí _____	No _____
Otros	Sí _____	No _____

¿Cuáles? _____

3.- ¿En qué porcentaje, qué cantidad aproximada es rechazada por el cliente?

Menos 2% ___ 2-5% ___ 5-10% ___ más 10% ___ no hay rechazos ___

4.- En porcentaje, nuevamente, ¿qué capacidad de las instalaciones es aprovechada (empleados)?

	entre semana	fin de semana
menos del 30%	_____	_____
30 - 50%	_____	_____
50 - 70%	_____	_____
70 - 90%	_____	_____
más de 90%	_____	_____

5.- ¿Qué cantidad de su materia prima total es desechada?

Menos 4% ___ 4 - 7% ___ 7 - 10% ___ 10 - 15% ___ más 15% ___

6.- ¿Qué uso se le dispone?

	Si	No
Reciclaje	_____	_____
Separación de material	_____	_____
Venta	_____	_____
Ninguno	_____	_____

CONTABILIDAD Y ESTADÍSTICA

1.- Los registros contables de la empresa son llevados de manera:

Interna _____ Externa _____

2.- ¿Con qué frecuencia se realizan estudios financieros?

Diario _____

Semanalmente _____

Quincenalmente _____

Mensualmente _____

Bimestralmente _____

Otro _____

3.- ¿Son auditados por algún despacho?

Sí _____ No _____

4.- ¿Se elaboran gráficas que muestren el comportamiento de las ventas y los costos?

	Sí	No
Registro de tiempos	_____	_____

Materiales

Costos

DIRECCIÓN

1.- ¿Cuáles son los objetivos de la empresa? _____

2.- ¿En qué porcentaje se cumplen dichos objetivos?

Menos 40% _____ 40 - 60% _____ 60 -80% _____ 80-95% _____ más 95% _____

3.- ¿Se han establecido políticas en la empresa para estimular al personal?

Sí _____ ¿Cuáles? _____ No _____

4.- ¿Existe delegación de autoridades?

Sí _____ ¿Cuáles? _____

5.- ¿Cómo se selecciona a la persona que se le delega algún tipo de autoridad?

En base a: _____

6.- ¿Se elaboran presupuestos de ventas y gastos?

Sí _____ ¿Por qué períodos? _____ días No _____
_____ semanas
_____ mes

7.- ¿De qué medios de comunicación disponen las autoridades para dar y recibir información de sus subordinados?

Escrita _____
Verbal _____
Ambas _____
Ninguna _____

8.- ¿Fomenta actividades socio-recreativas en su empresa?

Sí _____ No _____

FINANCIAMIENTO

1.- ¿Se realizan programas predeterminados para los créditos bancarios que se obtengan?

Sí _____ No _____

2.- ¿Se han obtenido los resultados esperados?

Sí _____ ¿En qué porcentaje? Menos 30% _____ No _____
30 - 50% _____

50 - 75% _____

75 - 90% _____

más 90% _____

3.- ¿Dispone el director o gerente de pronósticos de ventas y almacén, elementos que le permitan prever su situación a futuro?

Sí _____

No _____

SUMINISTROS

1.- ¿Tiene registros de los proveedores de sus materias primas?

Sí _____

No _____

2.- ¿Tiene problemas con la calidad de sus materias primas?

Sí _____ ¿Cuáles? _____ No _____

3.- ¿Qué tipo de control de inventarios lleva?

UEPS _____

PEPS _____

Prom. Ponderados _____

Otros _____

4.- ¿Su sistema de colocación y distribución de materiales en su almacén facilita los procesos de su empresa?

Sí _____ No _____

5.- ¿Tiene algún control de entradas y salidas de material (alimentos)?

Sí _____ ¿Cuál? _____ No _____

6.- ¿Se presentan agotamientos de materia prima?

Sí _____ ¿Con qué frecuencia? _____ No _____

MEDIOS DE PRODUCCIÓN

1.- ¿Se han realizado estudios para determinar el flujo de alimentos en el proceso?

	Sí	No
Demoras	_____	_____
Distancias recorridas	_____	_____
Lugares de almacenamiento	_____	_____

2.- ¿Se han realizado algún tipo de estudios para saber si el equipo para manejo de alimentos es el adecuado?

Sí _____ No _____

3.- El edificio ocupado ¿es el adecuado para la actividad que realiza?

Sí _____ No _____ No se _____

4.- ¿Su equipo es técnicamente adecuado para su actividad?

Sí _____ No _____ No se _____

5.- Existen registros actualizados de:

	Sí	No	No se
Equipo existente	_____	_____	_____
La antigüedad	_____	_____	_____
Depreciación	_____	_____	_____
Costos de reparación	_____	_____	_____

FUERZA DE TRABAJO

1.- ¿Se han efectuado estudios de motivación al personal de su empresa?

Sí _____ ¿Cuáles? _____

No _____ ¿Se han pensado realizar? _____

2.- ¿Sabe cómo son los sueldos de sus empleados en relación con los de la competencia?

Sí _____ Mayores _____ No _____

Iguals _____

Menores _____

3.- ¿Cuenta con algún sistema para evaluar a sus empleados en su desempeño?

Sí _____ ¿Cuál? _____ No _____

4.- Influye en:

	Sí	No
Salario	_____	_____
Incentivo	_____	_____
Ninguno	_____	_____
Otro	_____	_____

¿Cuál? _____

5.- ¿Cuenta con normas de seguridad para protección de sus empleados?

Sí _____ ¿Cuál? _____ No _____

6.- ¿Cómo se selecciona y contrata nuevo personal? _____

7.- ¿Se lleva un control de ausentismo del personal y las causas?

Sí _____ No _____

8.- ¿En qué forma se describe el trabajo que deben realizar cada uno de los trabajadores?

Verbal _____ ¿Por quién? _____
Escrita _____
Otros _____

ACTIVIDAD PRODUCTORA

1.- ¿Cuenta con algún problema de producción?

Sí _____ No _____

2.- ¿Conoce la capacidad total de su empresa? (cantidad total máxima que puede ser producida en determinado tiempo).

Sí _____ No _____

3.- ¿Existe algún responsable para planear y organizar la producción?

Sí _____ No _____

4.- ¿Qué se toma como base para asignar la carga de trabajo al personal? _____

5.- ¿Dispone de registros que indiquen el tiempo que se tarda un trabajador en realizar su trabajo?

Sí _____ No _____

6.- ¿Lleva controles de lo que produce?

Sí _____ No _____

COMERCIALIZACIÓN Y MERCADEO

1.- Las tendencias de venta han sido:

A la alza _____

A la baja _____

Se ha mantenido _____

2.- ¿Utiliza algún sistema de propaganda?

Sí _____ ¿Cuál(es)? _____ No _____

3.- ¿Realiza encuestas de servicio al cliente?

Sí _____ ¿Cada cuándo? _____ No _____

4.- ¿Qué factor cree que influye en el incremento de sus ventas?

Precio _____

Sabor _____

Tamaño _____

Consistencia _____

Temperatura _____

5.- ¿y que disminuya?

Precio _____

Sabor _____

Tamaño _____

Consistencia _____

Temperatura _____



**FACULTAD DE INGENIERIA U. N. A. M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO EN INGENIERIA DE
PRODUCCION**

MOUDLO I: DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCION

TEMA

TEGNOLOGIA DE GRUPOS

**EXPOSITOR: M. EN I. SILVINA HERNANDEZ GARCIA
PALACIO DE MINERIA
SEPTIEMBRE DEL 2000**

Capítulo #1

Formación de Familias de Partes.

La característica esencial del sistema de Grupos Tecnológicos es la estandarización de los procesos de producción mediante la integración de partes de trabajo en familias. Cada familia se forma con base en ciertas características similares de las partes

Cada nueva parte se asigna a su familia apropiada. Por ejemplo, una familia pueden ser todas las flechas desde 1 a 3 pulgadas de diámetro, de 6 a 8 de longitud y con no mas de seis diámetros. Se prepara un seguimiento óptimo especificando las operaciones de máquinas y herramientas para cualquier parte en una familia

El seguimiento incluye operaciones para desviaciones permitidas como extremos buscados, agujeros cruzados, diferencias de material, etc., en una familia de flechas. Estos pasos adicionales se eliminan para seguir cualquier flecha que no lo requiera

La principal dificultad que se tiene durante la iniciación de un Grupo Tecnológico es que todos los métodos de agrupación no son eficientes y generalmente son inadecuados para hacer cada tipo de integración

En este capítulo se comentan algunos métodos y se supone que para las metas específicas de una planta, podría surgir la necesidad de preparar un método nuevo ó adaptar uno ya existente a las necesidades de la empresa.

El paso inicial en la manufactura, una vez que se han terminado las especificaciones de diseño, es planear los procesos. Las especificaciones de proceso incluyen una lista de las operaciones, máquinas, herramientas, etc., requeridas para hacer una parte en forma eficiente

Estas especificaciones junto con las especificaciones de diseño se pasan para la obtención de material, estimación de costos, programación de la producción y control, inspección etc

Antes todas estas funciones de la manufactura se hacían en forma manual, pero en tiempos recientes algunas o todas se han automatizado en sistemas conocidos como *manufactura auxiliada por computadora* (CAM)

Se informa que hay mas de 2.500 instalaciones CAD / CAM en todo el mundo. El paso inicial de un sistema completo CAM, es la *planeación de procesos auxiliada por computadora* (CAPP).

Cuando se va a procesar una parte el programa CAPP identifica a su familia mediante su codificación, recupera el seguimiento apropiado y los programas de control numerico y los inserta en las dimensiones necesarias para calcular y seleccionar velocidades y aumentaciones de corte, requisitos de potencia, etc

Al término la computadora emite rutas para control de producción y otras funciones y programas de control numérico en cinta, discos ó directamente en el almacenamiento de control del CN.

En general, es muy difícil agrupar en familias todas las partes producidas en la empresa. Por ello, es importante clasificarlas inicialmente, antes de formar familias. Esto se puede hacer basándose en:

- Inversión anual de la parte.
- Complejidad geométrica

Independientemente del método que se use, deben de considerarse las ventajas fundamentales de dicho agrupamiento las cuales se podrán evidenciar si se observa el proceso de producción.

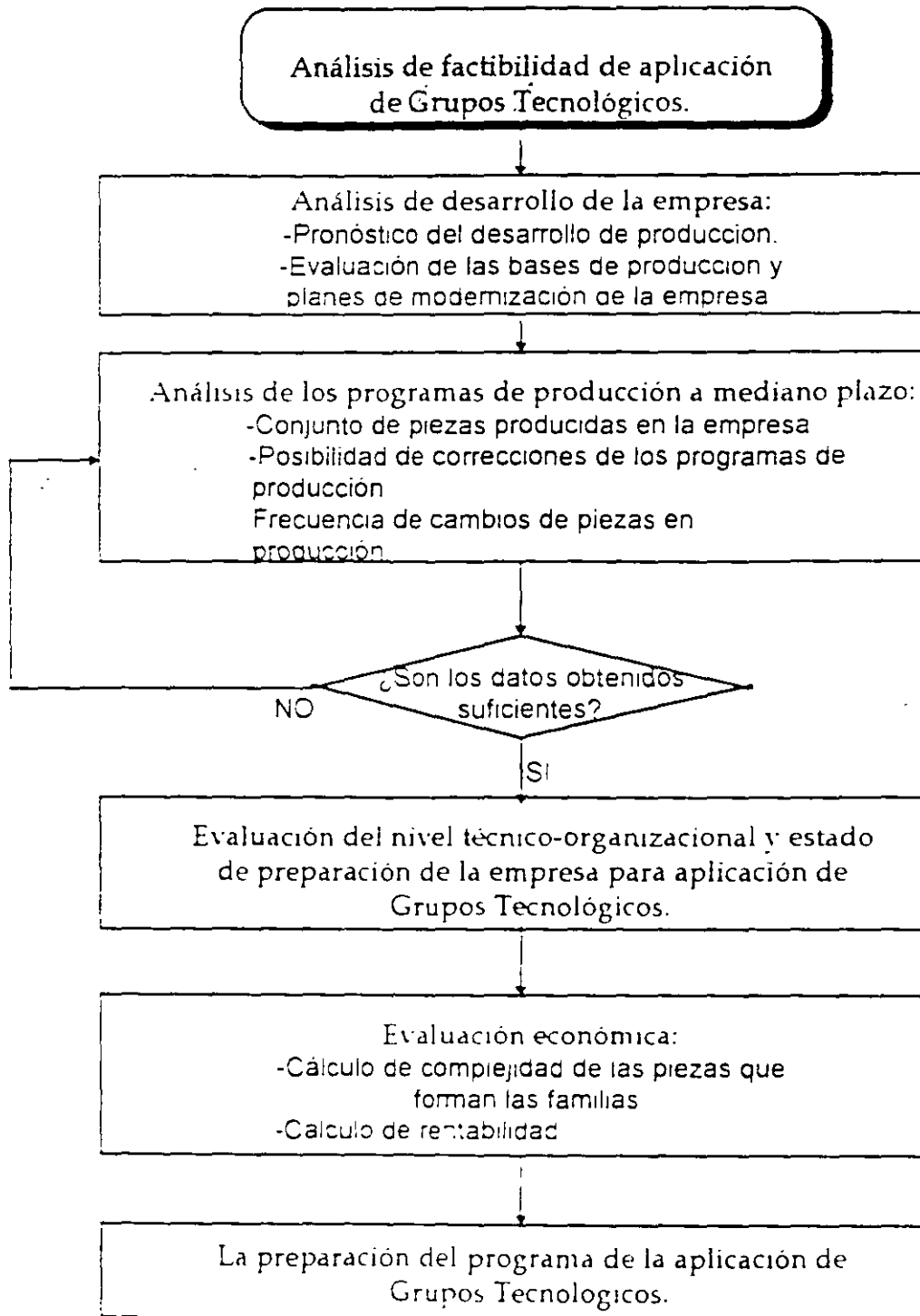
Las ventajas del agrupamiento son las siguientes:

- Reducción del tiempo de cambio.
- Reducción de los costos de materia prima
- Reducción de los costos de herramienta y dispositivos
- Simplificación del diseño de partes

Se debe de tener especial cuidado, antes de seguir, mas adelante en realizar un análisis de factibilidad para formar familias de partes. Si tales familias existen y es posible implantarlas en un organismo viable dentro de la empresa, entonces se considera a los Grupos Tecnológicos como una solución factible.

De otra manera se debe de escoger otro tipo de sistema de producción.

El análisis de factibilidad se puede realizar a través del siguiente diagrama de flujo:



Clasificación de partes para la formación de familias.-

Antecedentes:

Las clasificaciones y procedimiento de los códigos son tan antiguos como el hombre. Debe mencionarse que entre los primeros exploradores de esta área están: *Mitrofanov* (Rusia), *Gombinski* y *Brisch* (Inglaterra), *Opitz* (Alemania) y muchos otros.

Ellos establecieron los principios, adaptaron los resultados y desarrollaron sistemas. Como ejemplo se puede mencionar que se han reportado 100 diferentes sistemas creados para diferentes áreas, por ejemplo:

- Proceso de maquinado.
- Proceso de fundición.
- Proceso de forja.

Mitrofanov creó un sistema para diseñar celdas donde se pueden maquinar piezas de diferentes familias y formar entre ellas un grupo (aumento de magnitudes de lote)
Opitz elaboró su sistema para apoyar el diseño adecuado del equipo de producción.
Finalmente, el sistema Brsch está orientado al diseño reintegrado.

En la actualidad, los sistemas desarrollados están orientados al área de producción; generalmente se puede constatar que las características principales son.

- Proliferación
- Relaciones
- Atributos escogidos

También hay que mencionar que los sistemas dependen básicamente de la gente, la cual encuentra una solución dada. La mayoría de los sistemas tienen un carácter jerárquico, vienen desde las generalidades hasta los pequeños detalles y para sus clasificaciones cuentan con un código de 6 dígitos, otros más complicados con un código de hasta 32 dígitos. Para su uso se aplican los códigos numéricos o alfanuméricos.

Uso de un sistema lógico de codificación.

Es necesario poder identificar los componentes semejantes rápidamente, y todo parece indicar que las características de un sistema satisfactorio son:

- 1.- Cualquier "nombre de código" debe indicar un solo concepto.
- 2.- Cualquier artículo debe tener un solo nombre de código.
- 3 - La cobertura debe ser apropiada y completa.
- 4 - Debe ser totalmente numérico (aunque existen algunas excepciones a este respecto).
- 5.- El nombre de código debe tener una longitud constante.
- 6.- El nombre de código no debe ser excesivamente largo.
- 7.- Mientras más simple sea el artículo más simple deberá ser el nombre de código.
- 8 - La clasificación debe basarse en características permanentes.

Uno de estos sistemas de numeración es el método de *Apellido-nombre propio*, en el cual se toma en cuenta la variedad completa de componentes en uso ó con probabilidades de usarse; los componentes se agrupan en familias, teniendo todas ellas marcadas semejanzas en alguna característica importante.

Cada familia recibe entonces un número (el apellido), y a cada componente de esa familia se le da un segundo número (el nombre propio) que lo distingue de sus semejantes

Luego, si aparentemente se requiere de un nuevo componente, se examinan los dibujos de la familia a la que pertenece y se seleccionan los componentes adecuados. Esta técnica es muy flexible porque permite una expansión considerable, y al archivar los dibujos ayuda a que los de tamaño similar queden juntos

Se origina un problema inicial en las definiciones originales de las familias, esta labor hay que hacerla con todo cuidado deben escribirse las definiciones para formar un diccionario

Una vez hecho lo anterior el funcionamiento del sistema es sumamente simple, y sus resultados se sienten no sólo en la oficina de diseño y dibujo sino en toda la fábrica, donde otros departamentos se acostumbrarán rápidamente a reconocer los números y relacionarlos con ciertos componentes

Aplicaciones.-

La identificación de los objetivos de aplicar la clasificación tiene importancia primordial para la selección y futura implantación del sistema. Es muy raro que un sistema disponible en el mercado satisfaga todas las necesidades del usuario, entonces, se supone que los ingenieros de la planta lo modificarán ó lo perfeccionarán hasta satisfacer sus necesidades.

Desde el punto de vista teórico, la creación del sistema para usos múltiples es posible, pero esto se considera como muy laborioso y costoso, por eso, en la mayoría de los casos se han creado clasificaciones dedicadas a diferentes objetivos.

Generalmente la clasificación de las familias de partes se puede utilizar para las áreas de Diseño, Planeación del flujo de material y administración de la empresa.

Tomando en cuenta que lo antes señalado tiene diferentes aplicaciones en la siguiente figura (fig 1.1), se muestran las principales áreas del uso de clasificación y atributos que debe contener cada sistema, dependiendo de su implantación:

APLICACIONES	Características de pieza de trabajo										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Diseño generativo	*	*	*	*	*						
Diseño reintegrado	*	*		*	*						
Planeación generativa del proceso	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Selección del equipo	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*
Diseño de las herramientas	*	*	*		*	*	*	*	*		
Estimación del tiempo y/o costo	*	*	*		*	*	*	*	*		*
Planeación del montaje	*	*			*	*	*	*	*	*	
Flujo de producción	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*
Diseño paramétrico	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*

fig. 1.1 Matrz de selección de atributos (tomada de Tecnología de Grupos Bednarek).

Donde	1	Contorno
	2	Características de forma
	3	Tratamiento
	4	Funciones
	5	Dimensiones
	6	Tolerancias
	7	Tipo de acabado
	8	Tipo de material
	9	Magnitud de la producción
	10	Orden del montaje
	11	Material prima=Tipo

A continuación se describen brevemente algunas aplicaciones:

Diseño integrado.

Antes de diseñar un producto nuevo es conveniente verificar si en el archivo no existen construcciones similares. El ahorro posible será el resultado de:

- Adaptación del diseño del producto existente.
- Adaptación del diseño de los componentes.

Ambos elementos son de gran importancia porque debe tomarse en cuenta que aproximadamente entre el 10 y 20% de la geometría de la pieza depende de los parámetros del producto. Luego entonces del 80 al 90% dependen del punto de vista del diseñador.

Obsérvese que la estandarización en esta área reduce costos, aumenta la infalibilidad y ofrece otro tipo de beneficios para la planta.

Planeación generativa del proceso

Una de las características más importantes de la estandarización es que el código de familia o pieza garantice recabar los datos necesarios para la planeación lógica y conveniente del proceso de manufactura.

Aquí debe señalarse que la clasificación de las familias o partes debe ser acompañada por la estandarización de los procesos donde diferentes atributos se pueden utilizar como palabra clave.

Esto facilita el diseño por computadora; por ejemplo, después de la selección y según el costo de fabricación, los códigos del tratamiento térmico, revestimiento y características especiales de la pieza, etcétera, pueden gobernar la selección computarizada de la secuencia de las operaciones, lo cual se puede considerar como el diseño generativo.

Estimación de tiempo y costo

La estimación de costos y tiempos es laboriosa, muy frecuentemente los resultados obtenidos son incorrectos por falta de datos, variaciones de las condiciones de producción, etcétera. Sin embargo, la estandarización de las familias puede servir de ayuda, especialmente su código ya que puede incluir una clave de acceso para saber los actuales costos o tiempos de producción de cada lote.

Después de simples métodos matemáticos, se puede utilizar para la predicción, con el fin de obtener los costos o tiempos aclarados de los nuevos lotes. Esta solución exige, por supuesto, un sistema computarizado, el cual dispone también de un módulo de planeación e inventarios de producción.

Estandarización de diseño de herramental.

La clasificación de las familias de partes influye en el diseño de las herramientas y dispositivos, especialmente en:

- Reducción de las variaciones de formas básicas de partes.
- Reducción de las variaciones de las características especiales.

En este caso, el problema fundamental es la capacidad del sistema de clasificación para modificar los componentes de unidades ó productos mediante el código de la parte.

Selección inicial de partes.-

Para determinar el tipo de las partes y estudiar su agrupamiento en familias se puede tomar en cuenta la inversión anual en la parte y su complejidad.

Criterio de inversión

Para clasificar las partes con base en su inversión se consideran los siguientes factores.

- Costo unitario de fabricación.
- Consumo anual.

Ambas en función del número (clave) ó nombre de la parte debido a que en las tablas se debe de indicar lo siguiente:

- Clave.
- Costo unitario
- Magnitud de producción (ó consumo)
- Inversión anual (producto entre costo unitario y magnitud de producción)

En dichas tablas se pueden dividir las partes, objetivo de nuestra investigación, en diferentes grupos, dependiendo de su participación porcentual en la inversión acumulada. Al respecto, algunos autores sugieren la división en tres grupos, por ejemplo

1. Las partes que representan 80% de la inversión acumulada.
2. Las partes que representan 15% de la inversión acumulada.
3. Las partes que representan 5% de la inversión acumulada.

Tal división es subjetiva y queda a cargo de los responsables de producción, (se aplica también al criterio de complejidad), de ahí que el criterio, según la inversión, sirve para determinar las áreas de factibilidad de aplicar el sistema de Grupos Tecnológicos

Criterio de complejidad -

Se utiliza para clasificar las partes tomando en cuenta su importancia para la producción final. por ejemplo: las metas de ensamble, la reducción del ciclo de producción, problemas de exportación, etc.

En cada una de estas fases es vital la atención para resolver el problema, la cual se relaciona en el producto final, es decir deben considerarse sus componentes (partes, piezas de trabajo, etc.) y su importancia en cuanto a precisión y largos tiempos unitarios.

Normalmente se puede suponer, sin duda, que hay partes con mayor grado de complejidad que otras. Dicha complejidad de la pieza es el parámetro de la pieza maquinada e influyen en su complejidad el número de las superficies maquinadas, las formas y la exactitud del maquinado, que en el conjunto máquina/pieza responde al cambio en los parámetros de corte, en los movimientos de las herramientas y en los cambios de sujeción.

La complejidad de la pieza se calcula con ayuda de unas tablas especiales, (como la que se muestra en la figura 1.2), con las cuales se obtienen los coeficientes necesarios para cada grupo de piezas, por ejemplo: piezas cónicas, cilíndricas, cuyo cálculo consiste en determinar el número de pasadas y operaciones de las herramientas que fueron necesarias para todas las superficies de la pieza

Por lo cual se puede deducir que el grado de complejidad dependerá del número de superficies por maquinar, así como de la forma y exactitud del maquinado que es necesario obtener en cada superficie

Con base en lo anterior, el cálculo del grado de complejidad se realiza en función de la tolerancia que se especifique para cada superficie y en cada pieza por evaluar. Dicho cálculo se efectúa de la siguiente manera

- 1 - Como el cálculo se hace tomando en cuenta la base de cada superficie por maquinar, se procede a escoger superficie para su evaluación
- 2 - Se calcula el número de "pasadas" de la herramienta (i_p) sobre la superficie analizada, todas las necesarias para obtener la tolerancia especificada
- 3.- Se obtendrá el valor del coeficiente de la complejidad de la superficie analizada (Z_i), el cual está en función de la tolerancia y de la forma de la superficie
- 4 - Se multiplica el valor del coeficiente Z_i por el número de "pasadas" de la herramienta (i_p)

5 - Los pasos anteriores (1,2,3,4) se realizarán para cada superficie que se maquinará en la pieza analizada.

6 - Todos los valores obtenidos del inciso 4) se suman y dan un valor total que representa el grado de complejidad geométrica de la pieza analizada (Z).

Con lo anterior, se puede representar el grado de complejidad (Z) en terminos matemáticos de la manera siguiente.

$$Z = \sum_{i=1..n} Z_i \cdot l_{pi}$$

donde:

Z= Grado de complejidad geométrica de la pieza

Z_i= Coeficiente de la complejidad de la superficie analizada.

l_{pi} = Número de pasadas de la herramienta sobre la superficie analizada

i= Superficie analizada.

En la siguiente figura (fig 1.2) se indican los valores del coeficiente de la complejidad de la superficie analizada (Z_i), para las piezas tipo flecha, disco y buje

Forma de superficie	Tolerancias (micras)	Coeficiente Z _i
Cilindrica o plana		1
Cono	Libre 0	2
Cilindrica interior	≥ 170 μm	2
Curvada		2
Cilindrica ó plana		2
Cono	De	4
Cilindrica interior	μm: 51 a 170	4
Curvada		6
Cilindrica o plana		3
Cono	≥ 50 μm	8
Cilindrica interior		8
Curvada		10

figura 1.2 Valores del coeficiente de la complejidad de la superficie analizada (Z_i) para distintas superficies (Tecnología de Grupos Bednarek)

El calculo de la complejidad de las piezas puede servir en caso dado como criterio economico. Se pueden obtener los tres grupos según el valor de complejidad, es decir: maxima, mediana y minima

En este momento se puede formar un tipo de matriz de: columnas ó grupos según la complejidad y líneas ó grupos según la inversión. es muy sencillo escoger el primer grupo de partes para la investigación, ya que inicia en las piezas más importantes.

Sistemas para codificar partes.-

Estos sistemas asignan un número a cada pieza ó parte de acuerdo con sus características. esta codificación permite clasificar piezas con características (números) comunes. Para ello se usa una computadora que determine el conjunto de piezas similares

A continuación se presentan algunos de los sistemas de codificación más conocidos

Sistema Bnsch (Reino Unido) -

Este sistema requiere un código primario ó monocódigo de ocho dígitos, que define en forma eficaz las características de diseño de la pieza. seguido por un código de fabricación. generalmente el primer dígito del código primario se toma de la serie

0	Organización y operaciones
1	Materiales primarios
2	Mercancías compradas
3	Componentes.
4	Subensambles y productos
5	Herramientas y equipo portátil
6	Planta y maquinaria
7	Edificios servicios instalaciones
8	Desperdicios
9	Reservado

fig. 1.3

Todos los demás dígitos se adaptan a la organización del cliente. El policódigo requiere consultar un "libro de código", el cual también se adapta a las necesidades del usuario

El sistema Mitrofanov (URSS) -

Este sistema fue creado por S. P. Mitrofanov, uno de los primeros investigadores conocidos en Tecnología de Grupos, el cual concibió por primera vez la idea del componente compuesto. En esencia es un código de siete dígitos orientado a la producción, como se ve en el siguiente cuadro:

Primer dígito (0-9)	Sección	
Segundo dígito (0-9)	Clase	Piezas caracterizadas por una función y una forma estructural comunes
Tercer dígito (0-9)	Subclase	Piezas caracterizadas por formas comunes y métodos de procesamiento comunes
Cuarto dígito (0-9)	Grupo	caracterizado por formas y número de operaciones de manufactura similares
Quinto dígito (0-9)	Tipo	Tipo de operación
Sexto-septimo dígito (0-99)	Tamaño	

fig. 1.4 Sistema Mitrofanov (URSS)

No se ha encontrado referencia alguna en cuanto a la aplicación de este código fuera de la URSS (Nota: Mitrofanov concentró su trabajo en grupos de una sola máquina, por ejemplo: tornos revólver)

El sistema Vuoso (Checoslovaquia) -

Este sistema se desarrolló en el Vuoso Research Institute for Machine Tools & Metal Cutting de Checoslovaquia en 1959. Es un código simple de cuatro dígitos, cuyos detalles caben en una sola hoja de papel.

Inevitablemente carece de la minuciosidad de los sistemas Brisch u Opitz, pero su sencillez es tanta que merece una cuidadosa consideración.

Antes de asignar un componente a una familia es necesario consultar el dibujo apropiado. Lo cual es innecesario en el sistema Brisch.

Sistema H. Opitz (Alemania Occidental) -

Este sistema de clasificación y codificación fue creado por el profesor H. Opitz en el Laboratorio de máquinas-herramientas en la Technical University of Aachen, Alemania. A cada pieza se le asigna un número de identificación (6 dígitos), un número de clasificación (9 dígitos) y un número de información (4 dígitos) y se representa así:

XXXXXX XXXXXXXXX XX XX
 A B C D

donde:

- A Es el número de la identificación de la pieza, asignado en secuencia y posiblemente asociado con el número de plano o dibujo
- B Es el número de clasificación dentro de este número los primeros cinco dígitos representan la codificación de forma y geometría de la pieza y los últimos cuatro dígitos representan la codificación suplementaria para especificar materia prima, precisión, etc.
- C Es el número para especificar el tipo de dibujo
- D Es el número para especificar el tipo de calidad necesaria

El sistema Opitz define solamente el número asociado aquí con B. A continuación se explica brevemente la codificación de forma (cinco dígitos) ver siguiente figura (fig. 1.3):

1er Dígito	2o Dígito	3er Dígito	4o Dígito	5o Dígito
Clase de componente	Formas externas Elementos de las formas externas	Formas internas Elementos de las formas internas	Máquinado de caras planas	Taladrado auxiliar Fresado de dientes para engranes
0	Liso sin elementos de forma	0 Sin agujeros pasante agujero ciego	0 Sin maquinado de caras	0 Sin agujeros auxiliares
1	1 Sin elementos de forma	1 Sin elementos de forma	1 Superficie plana externa y/o superficie curva en una dirección	1 Agujeros axiales sin relación con guía de taladrar
2	2 Con rosca para tornillo	2 Liso o escalonado en un extremo	2 Superficies planas externas relacionadas por graduación alrededor de un	2 Agujeros axiales relacionados con guía de taladrar
	3 Con ranura de funcionamiento		3 Ranura externa y/o cuñero	3 Agujeros radiales sin relación con guía de taladrar
4	4 Sin elementos de forma	4 Escalonado en ambos extremos (múltiples)	4 Estrías externas y/o polígono	4 Agujeros radiales y/o axiales en otras direcciones no relacionadas
	5 Con rosca para tornillo		5 Superficie plana externa y/o cuñero...y/o ranura, estrías	5 Agujeros radiales y/o axiales en otras direcciones relacionadas con otra guía de taladros
	6 Ranura de funcionamiento		6 Superficie plana interna y/o ranura	6 Dientes de engrane recto
7	7 Cono de funcionamiento	7 Cono de funcionamiento	7 Estrías internas y/o polígono	7 Dientes de engrane cónico
8	8 Rosca para operación	8 Rosca para operación	8 Estrías interna y externa y/o cuñero y/o ranura	8 Otros dientes de engranes
9	9 Otros (>10 diámetro funcional)	9 Otros (>10 diámetro funcional)	9 Otros	9 Otros

--Primer dígito.--

Clasifica las piezas en rotatorias, no rotatorias y subclase, de acuerdo con el coeficiente largo/diámetro ó largo/ancho. Las partes rotatorias se clasifican en: discos, bujes, flechas ó especiales. Las piezas no rotatorias se caracterizan por ser planas, largas ó cúbicas. El significado del primer dígito es el siguiente:

Partes rotatorias	0		$L/D \leq 0.5$
	1		$0.5 \leq L/D \leq 3$
	2		$L/D \geq 3$
	3	Variantes	$L/D \leq 2$
	4	Variaciones	$L/D \geq 2$
	5	Partes especiales	
Partes no rotatorias	6		$A/B \leq 3, A/C \geq 4$
	7		$A/B > 3$
	8		$A/B \leq 3, A/C < 4$
	9	Partes especiales	

fig. 1.6

(Nota A, B y C son dimensiones de la pieza, donde $A \geq B \geq C$).

--Segundo dígito.

Define la forma principal de la pieza. Existen cinco tablas que definen la forma, esto depende del primer dígito

Primer dígito	Segundo dígito
0, 1, 6, 2	Tabla 1
3, 4	Tabla 2
6	Tabla 3
7	Tabla 4
8	Tabla 5

fig. 1.7 (ver la figura 1.5 dividida en 5 tablas)

-- Tercer dígito.

Especifica la forma interna de las partes rotatorias y la forma y posición de los principales agujeros de las partes no rotatorias además describe en general superficies internas generadas por herramientas para barrenos existen tres tablas para explicar este dígito.

Primer dígito	Tercer dígito
0, 1, 6, 2	Tabla 6
3 o 4	Tabla 7
6, 7 u 8	Tabla 8

fig. 1.8

Por ejemplo, el número 102 indica:

- 1 $0.5 \leq L / D \leq 3$
- 0 Forma exterior uniforme
- 2 Rosca interna en un extremo.

– Cuarto dígito.

Especifica las características de las superficies planas. Existen tres tablas con la misma distribución que la anterior, respecto al primer dígito. Si el cuarto dígito en el ejemplo anterior es "0", indica que no existe maquinado en la superficie plana

– Quinto dígito

Describe agujeros auxiliares, engranes y formas especiales.

En el código suplementario (cuatro dígitos), el primer dígito define el tamaño general de la pieza, por ejemplo, si el dígito es 2, indica que el diámetro ó la dimensión A es mayor que 50 mm. y menor que 100 mm

El segundo dígito se usa para especificar el tipo de material, por ejemplo, si es igual a 6, indica que es un acero de aleación y con tratamiento térmico. El tercer dígito indica la forma inicial de la materia prima, por ejemplo, si es 2, indica que es barra triangular, hexagonal ó de otra forma no circular (ver siguiente figura).

El cuarto dígito especifica la exactitud

Fig. 1/9 Los dígitos complementarios del código Opitz

1er Dígito			2o Dígito		3er Dígito		4o Dígito	
	Diámetro "D" o Longitud de la arista "A"		Material		Forma inicial		Dígito indicativo de la precisión	
	mm	Pulgadas						
0	≤ 20	≤ 0.8	0	Hierro gris	0	Barro redondo, negro	0	No se especifica precisión
1	> 20 ≤ 50	> 0.8 ≤ 2.0	1	Hierro modular y Hierro maleable	1	Barro redondo, estrado brillante	1	2
2	> 50 ≤ 100	> 2.0 ≤ 4.0	2	Acero > 26.5 ton/pulg ² sin tratamiento térmico	2	Barro triangular, cuadrado, hexagonal, otros	2	3
3	> 100 ≤ 150	> 4.0 ≤ 6.5	3	Acero > 26.5 ton/pulg ² acero para tratamiento térmico bajo carbono, endurecido superfi- cial sin tratamiento térmico	3	Tubo	3	4
4	> 160 ≤ 250	> 6.5 ≤ 10.0	4	Aceros 2 y 3 con tratamiento térmico	4	Angulo U, T y de perfiles similares	4	5
5	> 250 ≤ 400	> 10.0 ≤ 16.0	5	Aceros aleados sin tratamiento térmico	5	Hojalata	5	2 y 3
6	> 400 ≤ 600	> 16.0 ≤ 25.0	6	Aceros aleados con tratamiento térmico	6	Solera y placas	6	2 y 4
7	> 600 ≤ 1000	> 25.0 ≤ 40.0	7	Metales no ferrosos	7	Componentes vacuados o forjados	7	2 y 5
8	> 1000 ≤ 2000	> 40.0 ≤ 80.0	8	Aleación ligera	8	Montaje mediante soldadura	8	3 y 4
9	> 2000	> 80.0	9	Otros materiales	9	Componentes premaquinados	9	(2 + 3 + 4 + 5)

Mitre menciona que este sistema se ha probado con más de 100,000 piezas y sus resultados han sido muy satisfactorios.

Una ventaja del sistema de codificación *Opitz* es su flexibilidad y la facilidad con que se puede modificar, con el fin de introducir ó considerar las circunstancias específicas de una fábrica.

Cualquiera que sea el sistema de clasificación que se utilice, es importante que sea definido claramente y que los números tengan sólo un significado, es decir, que sean inconfundibles.

En una fábrica pequeña, ó en una en la que sea pequeño el número de artículos por clasificar, probablemente no convenga hacer muy extenso el número de código; sin embargo, los beneficios que se obtienen al pasar de una codificación aleatoria a otra lógica son tan grandes que deben aceptarse las dificultades de cambiar los números de código, aún con todos los trastornos inherentes a la remuneración en los almacenes, en el departamento de diseño y en la oficina de costos, e implantarse el sistema lógico.

¿ Deberá basarse la codificación en el diseño ó en la manufactura?

Los sistemas de codificación pueden satisfacer las necesidades de.

- El diseñador.
- El jefe de producción
- Ambos.

Es de esperarse que los beneficios de un sistema de codificación orientado al diseño son enormes y se difunden por toda la organización

Por tanto, primero debe crearse un sistema de codificación que satisfaga las necesidades del diseñador. A este código fundamental se le puede agregar un código orientado a la producción, si se estima que esto es necesario y posible

Sin embargo, podría suceder que el intento por satisfacer ambas necesidades conduzca a un sistema de codificación de tal complejidad que se vuelva difícil de manejar, con la subsecuente pérdida de todos los beneficios posibles. Primero deben de satisfacerse las necesidades del diseñador

Aplicación de los métodos taxonómicos a la agrupación de familias.

La taxonomía numérica es un método de análisis con el cual se pueden crear familias. Consta de tres etapas:

- a) Preparación de matriz de datos.
- b) Cálculos adecuados
- c) Agrupamiento de partes

El análisis de las partes producidas en la planta se obtiene del conjunto {X} de las piezas caracterizadas por un número de las variables x_{ik} .

En este caso, primero debe establecerse la matriz del estado de variables:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & \dots & x_{2n} \\ \dots & & \dots \\ x_{w1} & \dots & x_{wn} \end{bmatrix} \dots \dots \dots (1)$$

Después, se determina x_{ik} , que es igual al valor de la variable k de la pieza "i" y que a su vez, debe determinarse de manera cualitativa y cuantitativa.

Por otra parte, las variables que integran la matriz no son uniformes porque cada una describe diferentes características de la pieza y, por lo tanto, tienen diferentes unidades de medida. Este inconveniente se puede eliminar si se estandarizan las variables mediante el uso de las siguientes relaciones:

$$Z_{ik} = \frac{x_{ik} - \bar{X}_k}{S_k} \dots \dots \dots (2)$$

$$\bar{X}_k = \frac{1}{w} \sum_{w=1}^n x_{ik} \dots \dots \dots (3)$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{w} \sum_{w=1}^n (x_{ik} - \bar{X}_k)^2} \dots \dots \dots (4)$$

y se obtiene entonces la matriz Z la de los datos estandarizados.

donde

- \bar{X}_k es la media aritmética de la variable k
- S_k es la desviación estándar de esta variable

Como se puede ver, el método taxonómico permite realizar las diferentes operaciones y estimaciones, pero para nuestros fines lo más interesante es determinar la correlación entre variables porque permite dividir diferentes objetos, según la matriz (1), son las diferentes partes por producir en la empresa, se puede constatar que mediante la determinación de la correlación entre variables, se logra dividir las partes en grupos con las variables aproximadamente iguales, lo que significará la agrupación de las partes en familias

~~División de los objetos en grupos uniformes, los cuales tienen los valores de las variables aproximadamente iguales.~~

El método utilizado para separar ó dividir los objetos en grupos unitarios se conoce como Método de las Esferas. De tal manera que, despues de haber fijado los componentes de la matriz "X", según la relación (1), la cual se estandanza por las relaciones (2), (3) y (4), se obtiene la matriz "Z".

Tomando como base la matriz "Z" se calcula la matriz de las distancias "C" la cual queda definida por:

$$C = [C_{rs}] \quad r, s = 1, 2, 3, \dots n$$

conde

$$C = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (Z_{r,k} - Z_{s,k})^2} \quad \dots \dots \dots (5)$$

La matriz "C" es una matriz simétrica con los elementos de su diagonal iguales a cero. Los siguientes pasos del procedimiento son:

1) El cálculo de g según $g = \begin{matrix} 1 \leq i \leq w \\ \text{Máximo} \end{matrix} \begin{matrix} 1 \leq j \leq w \\ \text{Mínimo} \end{matrix} C_{ij} \dots \dots \dots (6)$ siendo "g" un valor máximo de los elementos iniciales de las líneas de la matriz "C".

2) Para i=1, 2, 3, ... w se define Ω_i de acuerdo con

$$\Omega_i = \{ j \mid C_{ij} < g \} \quad \dots \dots \dots (7)$$

que significa que Ω_i es el conjunto de números de la matriz "C" para los cuales

$$C_{ij} < g$$

3) Ω₁ es el que contiene el mayor número de elementos y es el primer grupo de objetos similares que es separado de la matriz "C".

4) De la matriz C son retirados de rengiones y columnas los elementos que forman el conjunto Ω₁. El procedimiento debe ser repetido para obtener el grupo número dos (Ω₂).

5) Debera continuarse hasta extraer de la matriz "C" todos los elementos del conjunto Ω_i.

El diagrama de flujo para este procedimiento se muestra en la siguiente figura (fig 1 ~~10~~):

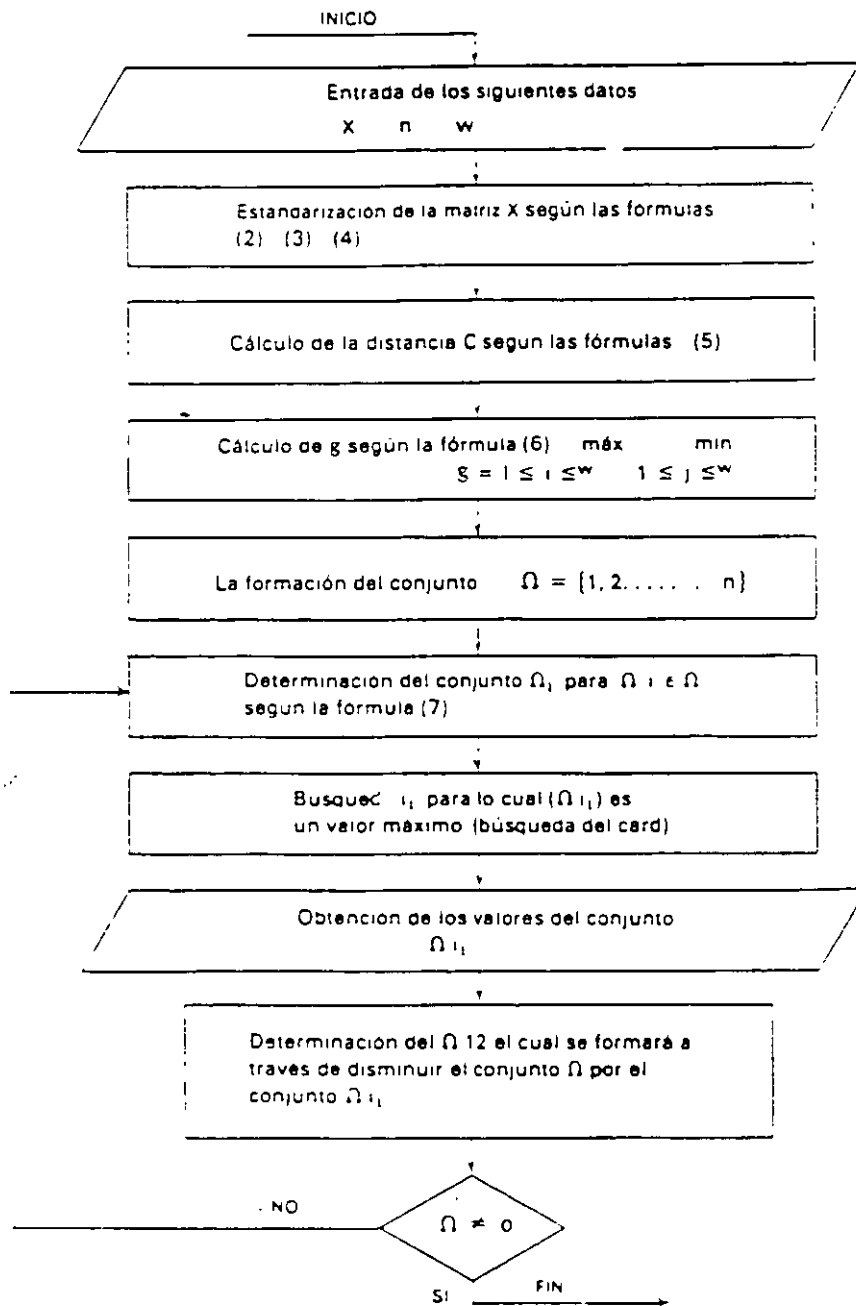


fig. 1.10 Diagrama de flujo del metodo de las esferas (tomado de Maximum ex minimo E G Bnsch)

Análisis del flujo de producción.

Según la proposición de J. L. Burbigde, se pueden utilizar los métodos del análisis del flujo de producción para crear:

- Familias de partes.
- Grupos de máquinas-herramientas.

Este propósito se muestra en la siguiente figura (fig. 1.17 y 1.18), la cual presenta la matriz maquina (líneas) en función de piezas de trabajo (columnas)

MAQUINA																																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35		
K																																					
D																																					
P																																					
S																																					
T																																					
L																																					
J																																					
C																																					
V																																					
B																																					
I																																					
U																																					
A																																					

fig. 1.17 Matnz original máquina-componente, producida en el análisis de flujo de la producción

Debe ordenarse esta matnz para encontrar los grupos de máquinas ó piezas.

MAQUINA																																						
	2	1	3	24	31	7	10	18	1	3	5	15	17	20	23	25	29	4	6	9	11	21	28	35	30	32	33	8	14	11	22	26	16	34				
P																																						
S																																						
L																																						
J																																						
C																																						
V																																						
B																																						
I																																						
U																																						
A																																						

Fig. 1.18

Codificación de familias de partes.

Uno de los sistemas más modernos para codificar familias es el DCLASS, ideado en el laboratorio del CAD / CAM de la Birgham University y cuenta, además del módulo de estandarización de familias de partes con.

- ⇒ Módulo de estandarización de procesos.
- ⇒ Módulo de estandarización de las herramientas

También cuenta con un paquete de software, el cual aparte de clasificar las familias se utiliza para los siguientes casos:

- Estandarizar tiempos
- Calcular costos
- Diseño integrado

DCLASS no es el único paquete aplicable para los Grupos Tecnológicos que existe, y es conveniente mencionar el Multiclass/Multicapp/Multigroup/Multicats de Digital Equipment Co., pero se sabe que DCLASS tiene mayor nivel en lo referente a aplicaciones prácticas.

La concepción fundamental del DCLASS está basada en:

- Árbol en E. 11 12
- Árbol en N. (ver figuras 1.13 y 1.14)

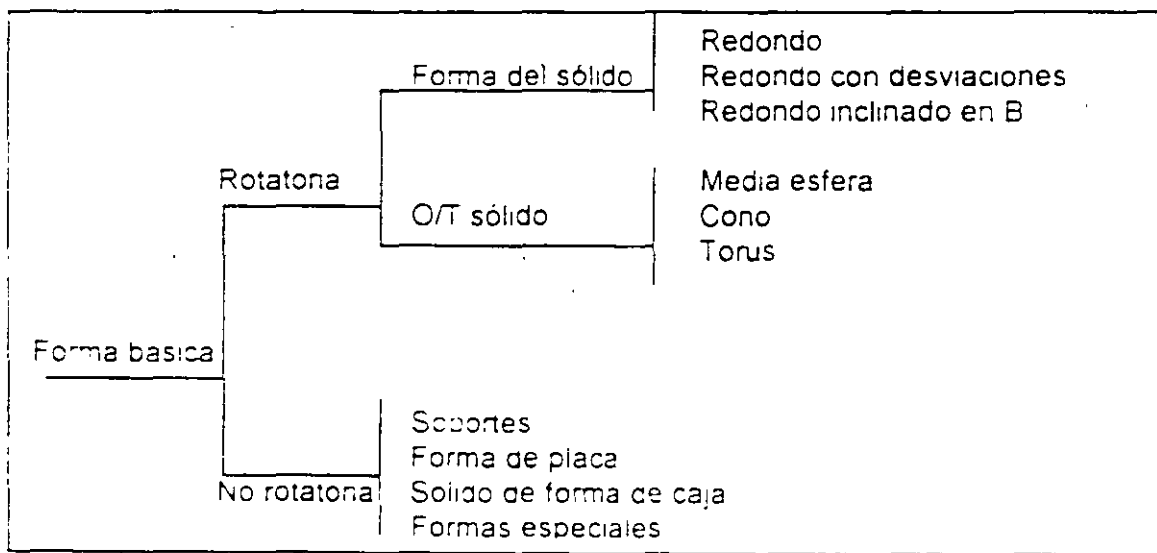


fig. 1.13 Concepción del árbol E aplicado para clasificar la forma básica de la pieza de trabajo

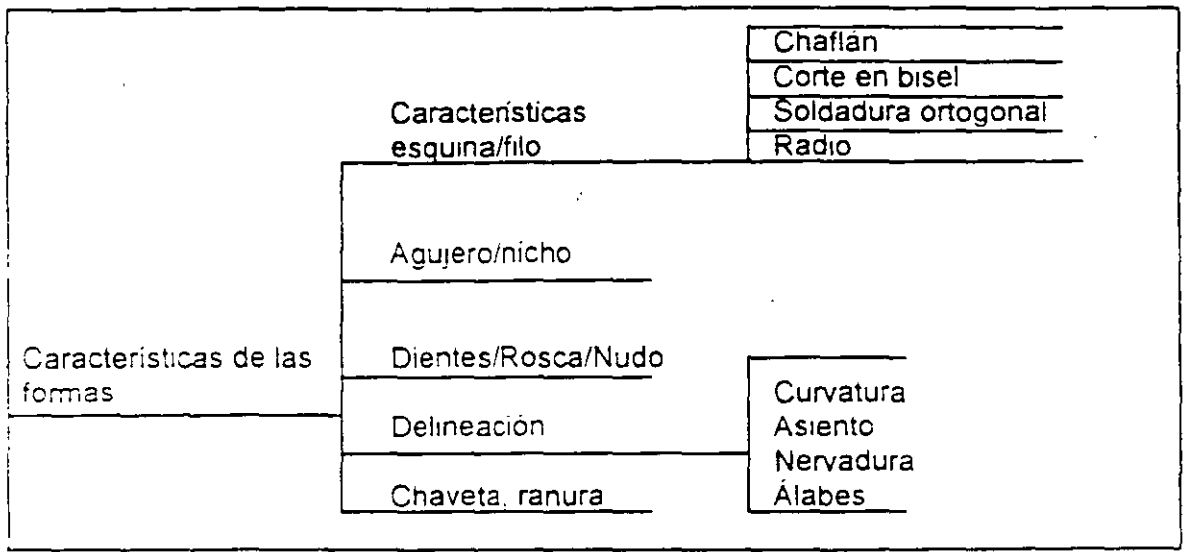


fig. 1. ~~14~~ Arbol N aplicado para clasificar las características de las formas.

12

La diferencia básica entre ambos conceptos es la siguiente:

- Árbol en E tiene los datos que se rechazan de manera mutua.
- Árbol en E tiene carácter binario, entonces es muy probable encontrar una ramificación con más de tres ramas
- Árbol en N tiene los datos que no se rechazan de una manera mutua. Esto significa que se pueden escoger las ramas simultáneamente. Además, no es de carácter binario.

El árbol en E se utiliza para clasificar las formas básicas y el árbol en N para los atributos, por ejemplo, características especiales.

Código de familia

El código que se muestra en la siguiente figura es alfanumérico y contiene 8 dígitos, ordenados de la siguiente manera

- Los tres primeros la forma básica
- El cuarto, características especiales
- El quinto, dimensión.

- ⊙ El sexto, precisión.
 - ⊙ El séptimo y octavo, tipo de material
- fig. 1.1#3

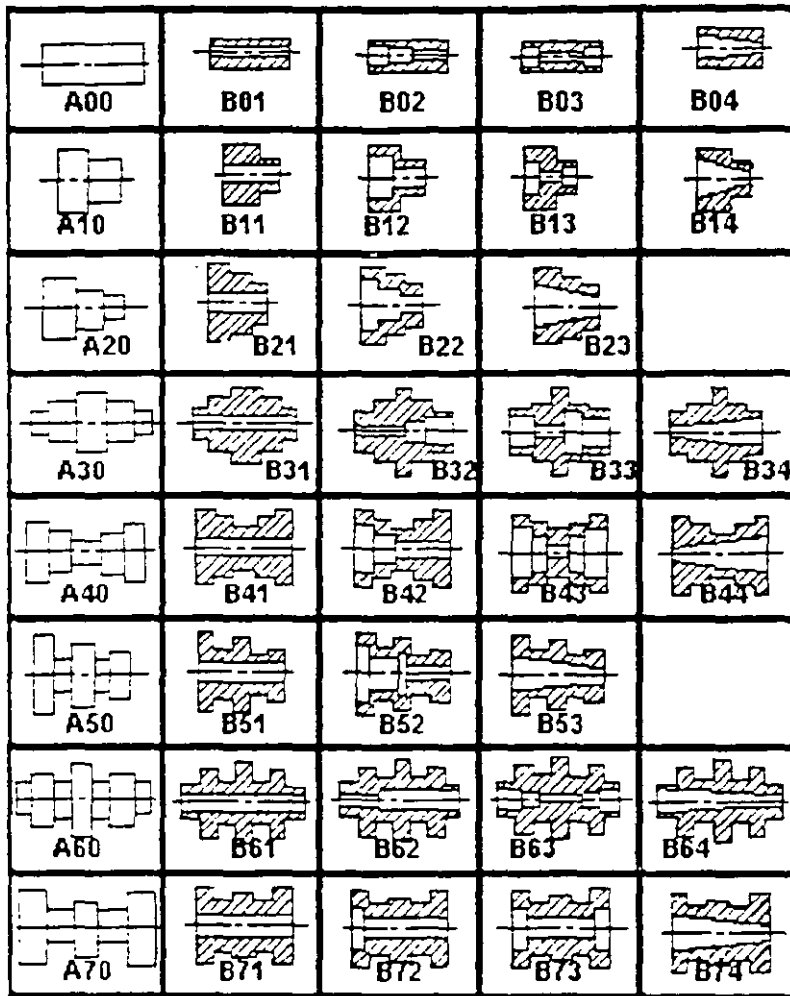
Código de la familia de partes											
Forma básica		Características de la forma			Tamaño		Precisión		Material		
E	1	1	-	2	-	3	-	4	-	A	1

Este código asegura $25 \cdot 10^7$ diferentes combinaciones de clasificación.

Por lo general las formas básicas de las partes se consideran como rotatorias y no rotatorias, ya que suponemos que todas se crearon en la base de los sólidos primitivos y sus variaciones.

Las formas básicas se dividen tomando en cuenta sus características geométricas, en internas y externas. Los ejemplos de las formas básicas se presentan en la siguiente figura (fig. 1.1#)

1)



Formas básicas

Fig. 1.16

Las características especiales incluyen

- Formas especiales de las superficies (ver figura 1.17).
- Tratamiento termico
- Tipo del acabado de superficies

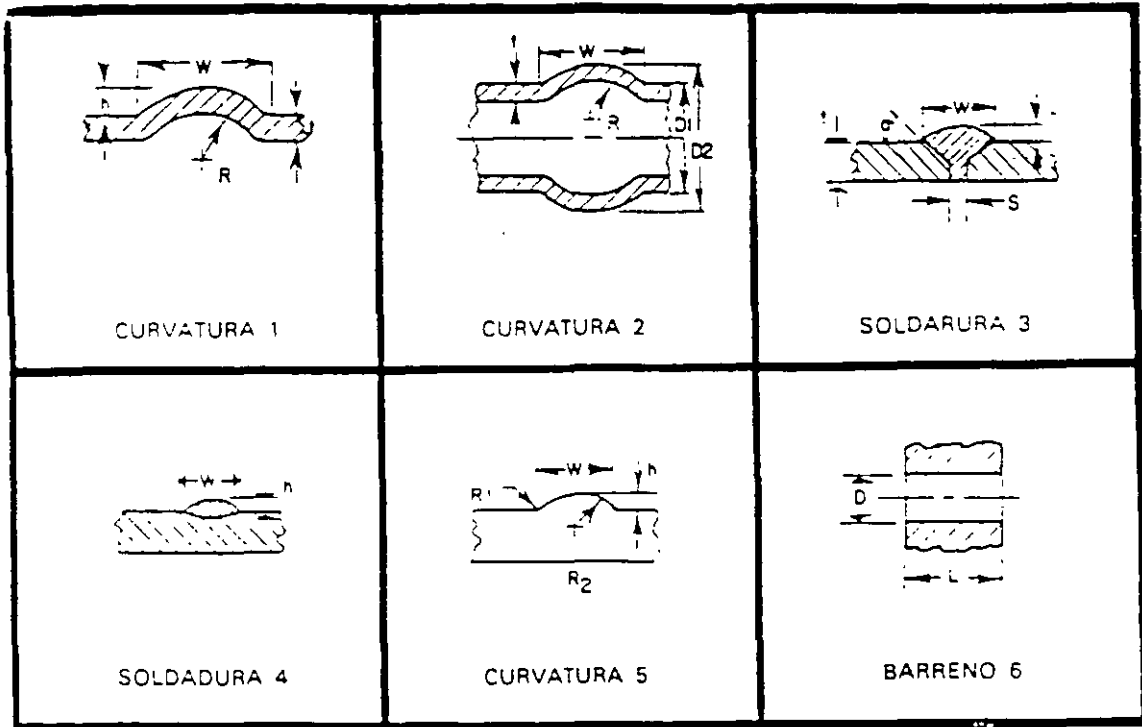


fig. 1.17 Formas especiales

Las características especiales forman el árbol en N, lo que permite, mediante el código de la complejidad de característica (siguiente figura 1.18), determinar las propiedades adicionales de la pieza y mantener al mismo tiempo, simplicidad de código

Código de complejidad de características	Numero de características especiales
1	1
2	2
3	3
4	5
5	8
6	13
7	21
8	34
9	34

Fig 1.18

Código de dimensión

Este código forma la tercera sección de la descripción de la familia. Los diferentes tamaños de la pieza se pueden diferenciar mediante nueve distintos números (siguiente figura 1.1~~7~~).

7

Código	Inglés	Métrico	Descripción	Ejemplo
1	5'	10 mm	Sub-miniatura	Capsulas
2	2"	50 mm	Miniatura	Caja de clips
3	4'	100 mm	Pequeño	Caja grande de cerillos
4	10'	250 mm	Medio-pequeño	Caja de zapatos
5	20'	500 mm	Medio	Caja de pan
6	40'	1000 mm	Medio-grande	Lavadora
7	100'	2500 mm	Grande	Piedra
8	400'	10000 mm	Extra-grande	Camióneta
9	1000'	25000 mm	Gigante	Carro ferrocarril

Fig. 1.1~~7~~ Clasificación de la dimensión de la familia.

7

Código de tolerancia

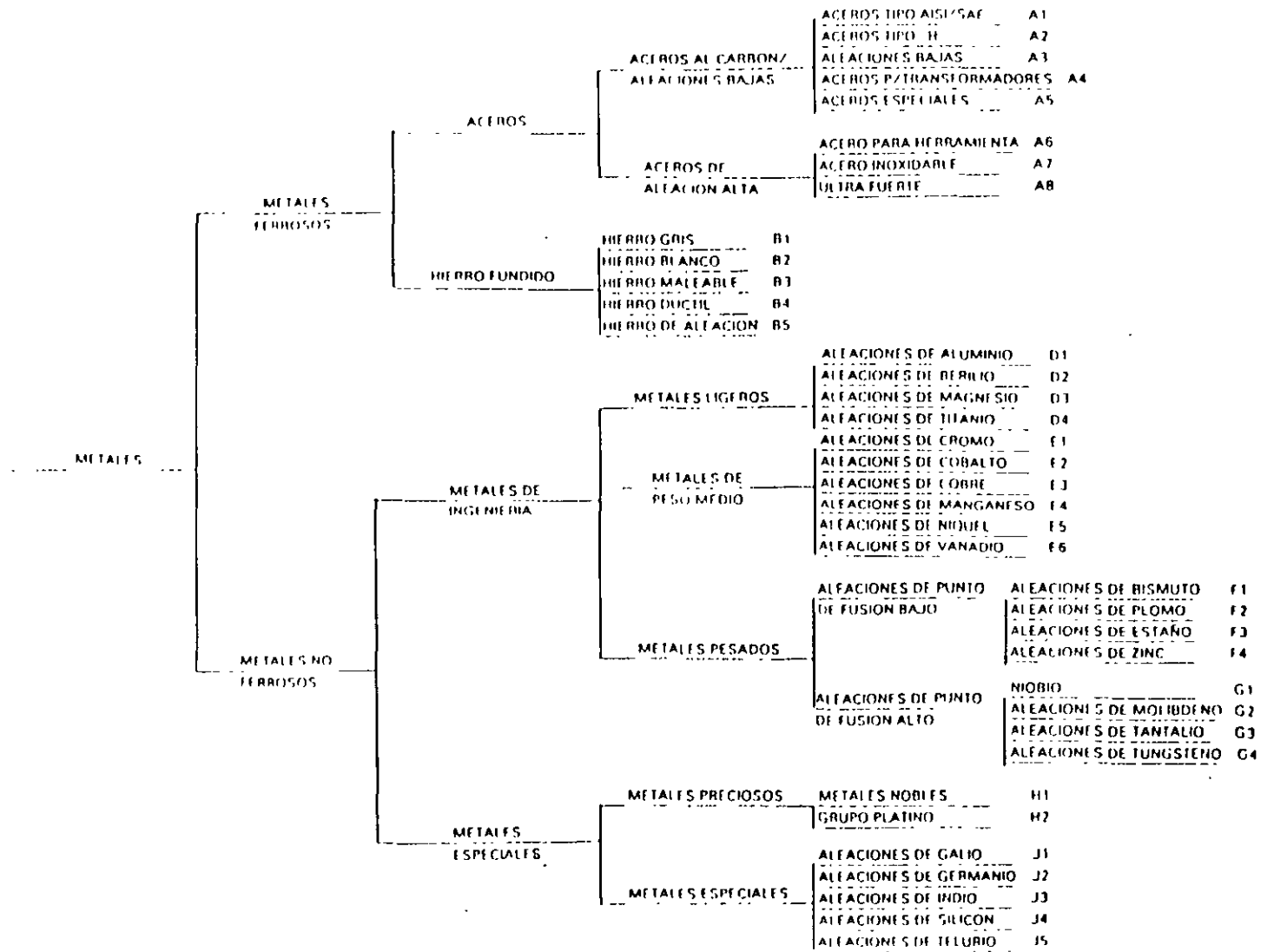
Este código se determina mediante 5 diferentes números (clases de precisión). Los rangos de la rugosidad y tolerancia, correspondientes a los distintos códigos, se indican en la siguiente figura

Código	Tolerancia	Rugosidad
1	LE 0.0005'	LE 4 RMS
2	0.0005" - 0.002"	4 - 32 RMS
3	0.002 - 0.010	32 - 125 RMS
4	0.010' - 0.30	125 - 500 RMS
5	GT 0.030'	GT - 500 RMS

Fig. 1.1~~7~~

Los últimos dos dígitos del código total se reservan para determinación de material. La descripción es alfa numérica (como se muestra en la siguiente tabla fig. 1.1~~7~~) y tiene posibilidades para anexar a los códigos originales un sistema de clasificación interna, correspondiente a las condiciones de cualquier planta

Fig. 1. Clasificación del material.



Diseño tecnológico

Gran parte del costo de fabricación depende del diseño del producto. El problema de adaptar los diseños a los requisitos del proceso de manufactura y organización de la planta y cumplir al mismo tiempo con las necesidades del mercado y los consumidores es ahora, y de manera muy especial, un tema de gran importancia debido a que para la producción especializada, cada minuto innecesario por falta de diseño adecuado, multiplicado por la magnitud de producción causa pérdidas muy grandes.

Esta situación provoca que el proceso de diseño ya no esté dominado por separado por el constructor y el ingeniero de manufactura, lo cual hay que impedir porque el enlace entre ellos tiene como objetivo principal obtener un diseño tecnológico

Dicho diseño podemos definirlo así: el diseño tecnológico es aquel, que al mismo tiempo, cumple las normas de calidad y exactitud conforme al uso y asegura, para una magnitud dada de producción, un menor costo de la misma.

Por supuesto que el diseño tecnológico está determinado por el volumen de producción.

Esto se debe a que cada escala de producción tiene su conjunto de técnicas de fabricación, aspecto que influye en las características del diseño. Este problema es muy importante, especialmente en cuanto a la automatización de la producción

Por lo tanto, la implantación de Tecnología de Grupos puede ser una buena oportunidad para revisar el contenido de los diseños existentes y si se necesita, mejorarlos

Los Grupos Tecnológicos por su naturaleza, generan dos aspectos beneficios para la planta

- Estandarización
- Normalización

Con su aplicación también se logrará mejorar el diseño, mediante la verificación de su carácter tecnológico, los efectos debidos a ellos aumentarán, y los Grupos Tecnológicos podrían influir prácticamente de manera muy positiva en la mayoría de los aspectos del funcionamiento de la planta

Por otra parte, el diseño tecnológico se puede lograr si se consideran los siguientes factores

- ☉ Selección adecuada de materia prima
- ☉ Simplificación del maquinado, considerando las características de máquina / herramienta
- ☉ Selección de la precisión adecuada
- ☉ Reducción del tiempo de maquinado.

➤ Reducción del tiempo auxiliar ²⁰

A continuación se incluyen figuras (fig. 1.22) con base en las cuales se podrían explicar, de manera práctica, algunos de los factores mencionados.

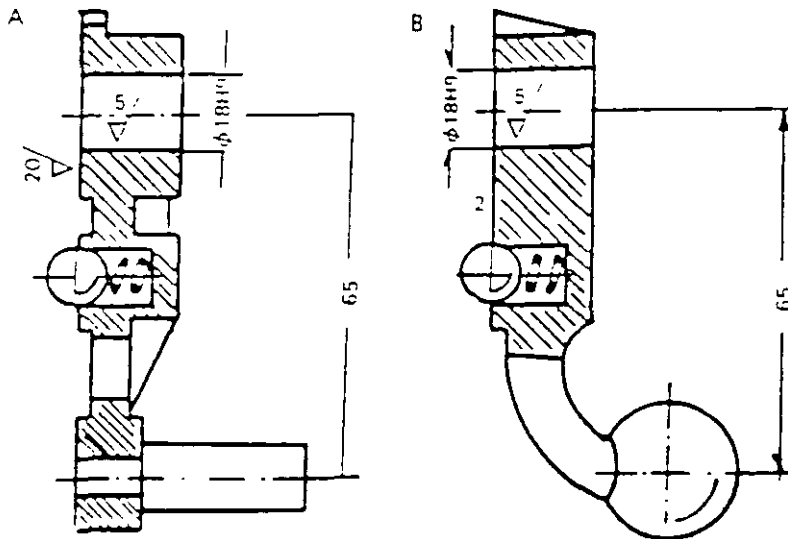


Fig. 1.22 ¹⁰ diferente diseño de manivela de transmisión del torno.

En la figura anterior (fig. 1.22) se presentan dos diseños de la misma pieza el "B" se recomienda como el diseño tecnológico. El cambio de diseño es con el fin de obtener una pieza fundida en molde que permite

- Reducir el tiempo de maquinado
- Aumentar la rigidez del puño.

La siguiente figura (fig. 1.23) presenta dos diseños de diferentes flechas el "B" se recomienda como el diseño tecnológico. El cambio del diseño permite

- Reducir el tiempo de maquinado
- Ahorrar la materia prima

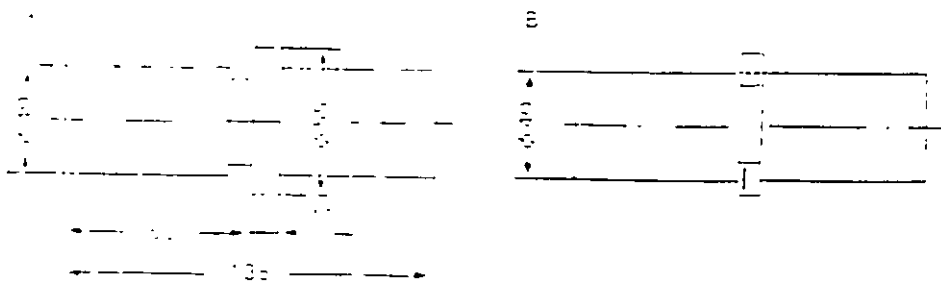


Fig. 1.23 ¹⁰ Aplicación de la barra estrada con anillo

A continuación se muestra igualmente otra figura (fig 1.2²) en la que se presentan dos casos de diseños, en el primero el diseño "B" se recomienda como tecnológico, lo mismo se refiere al segundo.

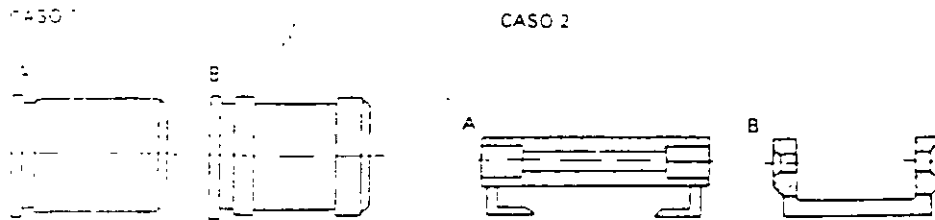


Fig. 1.2² Reducción de la superficie al maquinarse

El cambio de diseño permite

- Reducir el tiempo de maquinado
- Reducir el tiempo auxiliar

Capítulo #2

Formación de células de manufactura

Dentro de cualquier fábrica es inevitable la variedad. Existirá en los productos que se hagan, en los métodos que se apliquen, en los materiales que se utilicen y en las técnicas de organización y manufactura.

Si bien es deseable que haya cierta variedad, conforme se incrementa aumentarán también los problemas organizacionales y los costos. Así, por ejemplo, al aumentar el número de componentes almacenados aumentarán las necesidades de espacio de almacenamiento, las dificultades para registrar las existencias, el número de solicitudes al almacén, y así sucesivamente. Al aumentar la variedad disminuye la "controlabilidad"

El control de la variedad es esencial, y la tarea de reducir la variedad con el consiguiente control de la variedad remanente es una de las tareas más fructíferas que pueden emprender cualquier organización.

Control de la variedad, responsabilidad de la gerencia.

El incremento de la variedad es difícil, ya que constantemente se introducen nuevas partes, plantas, métodos y materiales por razones que sólo son válidas durante un corto tiempo

El control de la variedad es un asunto de toda la gerencia, y debe convertirse en parte de la tradición de la compañía. Esto no significa que nunca debe haber cambios, sino que se debe tener el enfoque más amplio posible de todos ellos y considerar el efecto total que tendrán en la organización. Como se ha dicho con propiedad, el cambio no es necesariamente el progreso. Igualmente cierto es que el trabajo del gerente de operaciones es lograr el máximo de resultados con el mínimo de esfuerzos

- | | |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1 - Variedad mínima de productos. 2 - Variedad mínima de partes 3 - Variedad mínima de materiales 4 - Variedad mínima de procesos 5 - Variedad mínima de personal | <p>Metas de un programa de control de variedad</p> |
|---|--|

Fig. 2.1

Programa de control de variedad.

El control de la variedad puede emprenderse en tres formas

- a) *Simplificación* "reducción de la variedad innecesaria" (Brisch)
- b) *Estandarización* "control de la variedad necesaria" (Bnsch).

c) *Especialización*, concentración del esfuerzo en las actividades donde se disponga de conocimiento especializado.

Todas las cuales se combinan para reducir y controlar la variedad. El programa puede iniciarse en cualquier lugar de la organización, ó bien puede avanzar en varios frentes simultáneamente.

Es un proceso continuo, y aunque mediante ciertas técnicas se puede evitar que se extienda la variedad en algunos campos, debe haber en todos una conciencia permanente de los peligros de la diversidad incontrolada. deben adquirirse hábitos con los que se creen salvaguardas

Control de variedad en el producto final.

Al considerar el control de la variedad en el producto final, deben investigarse en forma simultanea dos aspectos de la gama de productos

- a) ¿qué ingreso produce cada artículo?
- b) ¿qué contribución genera cada artículo?

entendiendose que:

$$\text{contribucion} = (\text{precio de venta}) - (\text{costos directos})$$

Para ilustrar la necesidad de investigar ambos aspectos, considérese el siguiente ejemplo simplificado y un tanto exagerado

Artículo	Ingreso producido	Contribucion.
A	6,210	700
B	2,415	607
C	6,895	513
D	778	350
E	585	233
F	346	117
G	97	-23
H	391	-47
J	204	-59
K	1,142	-82
	<hr/> 21,063	<hr/> 2,520 -211
		= 2,309

Si se clasifican estos artículos en orden de ingreso (figura 2.2) y contribución (figura 2.3), se obtendrán los siguientes resultados.

a) Clasificación por ingreso.

Clase	Producto	Ingreso	
		Unitario	% del total
1	C	8.895	42.2
2	A	6.210	29.5
3	B	2.415	11.4
4	K	1.142	5.4
5	D	778	3.7
6	E	585	2.8
7	H	391	1.9
8	F	346	1.6
9	J	204	1.0
10	G	97	0.5
		<u>21.063</u>	<u>100.0</u>

Fig. 2.2 Clasificación por ingreso.

b) Clasificación por contribución

Clase	Producto	Contribución	
		Unitaria	% del total
1	A	700	30.3
2	B	607	26.3
3	C	513	22.2
4	D	350	15.2
5	E	233	10.0
6	F	117	5.0
7	G	- 23	- 1.0
8	H	- 47	- 2.0
9	J	- 59	- 2.5
10	K	- 82	- 3.5
		<u>2.520 - 211</u>	<u>100.0</u>
		<u>= 2.309</u>	

Fig. 2.3 Clasificación por contribución

Si se considera cualquiera de estas dos tabulaciones aisladamente, se puede llegar fácilmente a conclusiones incorrectas. Por ejemplo, el producto "K" que se clasifica como el cuarto por ingreso, produce en realidad una pérdida, y el producto "A", que da origen a la contribución más importante, no produce la mayor parte del ingreso. Es frecuente encontrar que es sumamente fácil vender el producto de precio más bajo.

Un enfoque común del control de variedad en esta etapa consiste en considerar primero los productos clasificados por ingreso, y someter todos los artículos de bajo ingreso a un escrutinio muy minucioso.

Puede suceder que algunos de los artículos no hayan alcanzado todavía "madurez" de venta, ó bien, pueden tener valor por su prestigio. A falta de razones comerciales, como esas, estos artículos de bajo ingreso deben considerarse como primeros candidatos al abandono.

El segundo análisis (el de la contribución de cada artículo) es más útil después de haber examinado el ingreso que produce cada artículo.

De los conceptos restantes después de haber llevado a cabo la "poda" que se sugiere, podría encontrarse que la contribución aportada por algunos productos es baja ó negativa, y los artículos F, G, H, J, K deberían someterse de nuevo a un escrutinio riguroso para determinar si se pueden incrementar las ventas ó si debería iniciarse un programa de reducción de costos.

Gráfica de ingreso-contribución.

Otro enfoque que prácticamente permite combinar los dos pasos anteriores, consiste en trazar una gráfica de ingreso-contribución. En ésta, las abscisas son las clases de ingreso y las ordenadas las clases de contribución. Así, el producto 'A' tiene una clasificación de ingreso de 2 y una clasificación de contribución de 1, representándose al producto A por el punto (2, 1) como se muestra en la figura 2.4.

Producto.	Clasificación por	
	Ingreso	Contribución.
A	2	1
B	3	2
C	1	3
D	5	4
E	6	5
F	8	6
G	10	7
H	7	8
J	9	9
K	4	10

fig. 2.4

Se marcan todos los puntos en la gráfica de ingreso-contribución. Teóricamente, las clases de volumen y contribución deberían de corresponder, dando una recta de 45° respecto a cualquiera de los ejes (ver figura 2.5).

Los puntos situados *amba* de dicha línea deberían probarse como sigue

¿ Pueden reducirse los costos?

¿ Pueden incrementarse los precios?

mientras que los puntos situados *abajo* de la línea deberían probarse con la interrogante.

¿ Puede incrementarse el volumen de ventas?

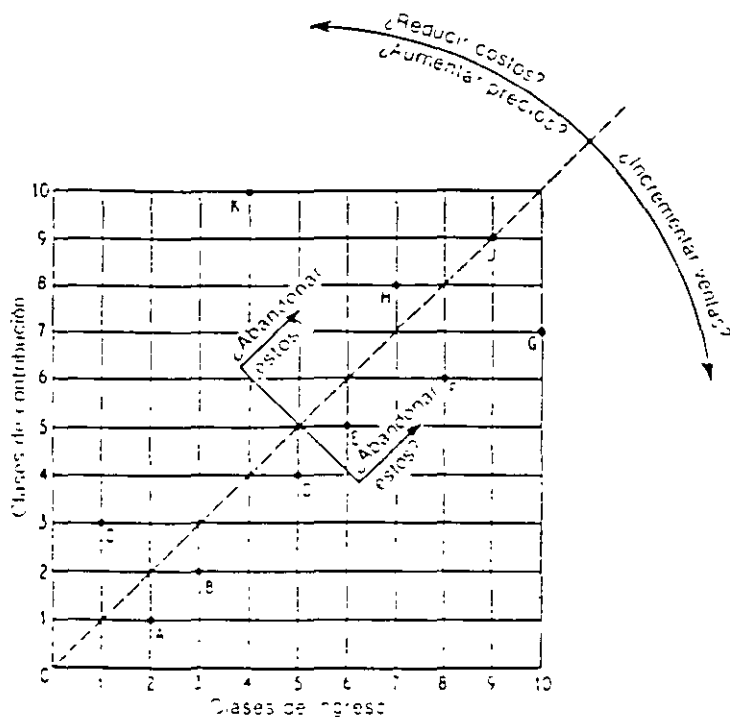


Fig. 2.5 Tomado de:
La producción industrial su administración.
K. Lockyer

Ninguno de los dos enfoques anteriores puede determinar por sí mismo la acción que deba tomarse, pero pueden resultar una excelente guía. Por supuesto ambos requieren buenos procedimientos de registro y de costeo.

Cuando hay un gran número de artículos en la gama de productos, el procedimiento descrito puede resultar complicado y costoso. En esta clase de situación, se recomienda considerar inicialmente solo los artículos de alto ingreso y alta contribución (los artículos "A" de ambas clasificaciones).

Una gran compañía fabricante de productos químicos redujo su variedad de productos de 1 500 a 221. Esto se hizo

- Eliminando todos los productos cuyas ventas fueran menores del 0.01% del volumen total anual.
- Examinando todos los productos cuya utilidad bruta estuviera por abajo de ciento nivel.

-
- c) Estudiando detalladamente las tendencias de venta de cada uno de los productos restantes.

Para ayudar a sus clientes cuyo prestigio pudiera quedar comprometido por el abandono de ciertos productos, negociaron la transferencia de pedidos de las líneas discontinuadas a otras compañías del mismo ramo que todavía manejaban esas líneas.

Esta reducción drástica de productos estuvo acompañada de una reducción en el número total de pedidos recibidos, pero la magnitud de éstos aumentó y se produjo, en efecto, un incremento en el volumen total de ventas.

La fabricación conforme a las especificaciones del cliente es una tarea mucho más difícil, ya que cada cliente requiere un producto diferente. En este caso, el departamento de ventas puede proceder en dos formas.

- a) Establecer una gama de artículos que puedan ser ofrecidos a los clientes a cambio del diseño propio de cada uno. Si puede ofrecerse un ahorro sustancial ó un plazo de entrega muy breve, el cliente estará dispuesto frecuentemente a ceder una parte de su individualidad.
- b) Si no es posible lo anterior hay que tratar de guiar al cliente en la preparación de diseños que utilicen componentes ya diseñados y para los cuales existan equipo y procedimientos. Si estos componentes no afectan el aspecto ni la utilidad del producto al que se incorporan, hay una buena probabilidad de que el cliente los acepte, particularmente si se acumulan otras ventajas.

Control de variedad en la producción.

En toda organización inevitablemente habrá varios procesos similares, o aunque no sean similares que produzcan los mismos resultados.

Es posible modificar algunos o todos estos procesos y crear uno solo que efectúe todo lo que se requiere a un nivel aceptable de eficiencia. Esto puede incrementar aparentemente el costo *unitario* de algunos procesos, pero reducirá los costos *totales* de la organización.

La reducción en la variedad de métodos dará por resultado una mayor flexibilidad de la mano de obra, una mayor utilización de la planta y una simplificación en la tarea de control de producción. Así, si se fabrican dos productos diferentes de la misma manera, a menudo podrá reducirse sustancialmente el tiempo de preparación de las máquinas. De modo semejante, si puede usarse un equipo en lugar de dos, se reducirá el problema del mantenimiento en forma considerable.

Las ganancias en este campo tienen probabilidades de ser mayores en la producción de cantidades pequeñas que en la producción masiva.

Al igual que un análisis de artículos terminados probablemente demostraria que casi todo el ingreso proviene de una parte relativamente pequeña de la gama de productos, así un análisis de procesos de maquinado seguramente mostraria que, de la capacidad total de maquinado, una parte en extremo pequeña produce la mayor parte de la carga de trabajo

El Dr. Opitz, en una investigación de manufactura que hizo en veinticinco compañías alemanas, encontró que el 80% de todos los trabajos de torneado tenían diámetros menores de 200 mm., a pesar del hecho de que los diámetros admisibles de torneado de las máquinas herramienta excedían por mucho los 200 mm.

De modo semejante, aunque casi todos los tomos tienen herramientas para roscar, sólo el 25% de los trabajos examinados las utilizaban.

Un trabajo posterior desarrollado por la PERA (Production Engineering Research Association) de Gran Bretaña produjo resultados similares, y estas estadísticas de componentes indican que pueden lograrse ahorros considerables tanto reduciendo la variedad y complejidad de las máquinas-herramienta como agrupando los componentes que tengan las mismas necesidades tecnológicas, de manera que los grupos de componentes puedan producirse en un lote, y no en varios lotes separados

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">1 - Usar normas aprobadas por la industria en lo posible2 - Usar los estándares adoptados por la compañía en lo posible3 - Estandarizar las materias primas4 - Estandarizar los componentes5 - Simplificar la identificación de materias primas y componentes6 - Estandarizar métodos7 - Estandarizar rutas8 - Estandarizar la planta y los equipos |
|--|

Fig. 2.6
Pasos hacia
un programa
de control de
variedad

Tecnología de Grupos.

La Tecnología de Grupos es un principio organizacional que ha proporcionado grandes beneficios a los fabricantes de productos en lotes pequeños y medianos. Existen numerosos modos de aplicación a este importante concepto. Un método es el análisis de los flujos de material y los requerimientos de maquinado de los componentes que forman los productos de una planta

Las familias de componentes se identifican basandose en requerimientos similares de máquinas. Estas máquinas se agrupan y después se equipan con otros tipos de

máquinas compatibles, necesarias para restringir el flujo de esas familias de partes de las células

Enfoque técnico.-

Dr. D. B. Solaja de Belgrado, dijo:

"La Tecnología de Grupos es la comprensión de que muchos problemas son similares y de que al agruparlos se puede encontrar una solución única para un grupo de problemas, con lo cual se ahorra tiempo y esfuerzo"

En esencia, la Tecnología de Grupos busca primero similitudes y no diferencias. Luego las partes similares se agrupan en "familias", y estas familias se fabrican en grupos de máquinas relacionadas. La figura 2.7 ilustra una familia.

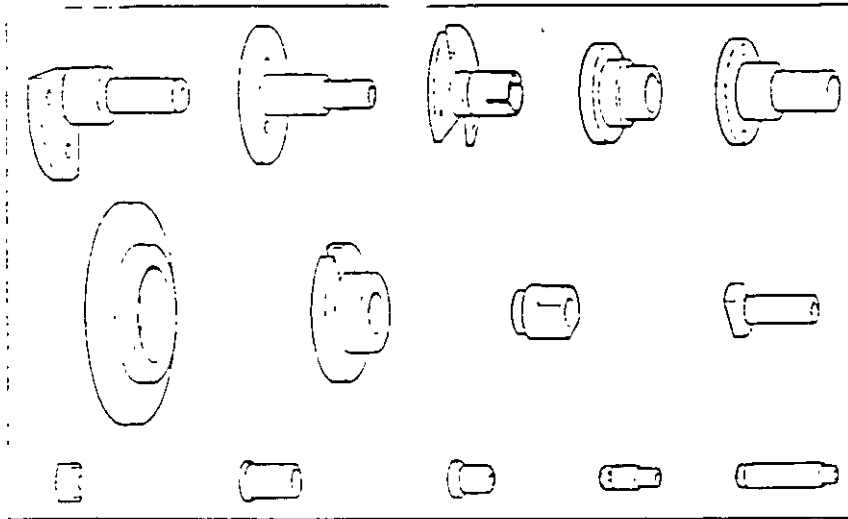


Fig. 2.7 Una familia típica de T.G. (The production Engineer, febrero 1970)

Una vez que se ha identificado una familia se puede contemplar un *componente compuesto*, siendo tal componente uno que contenga todas las características de todos los miembros de la familia ver figura 2.8

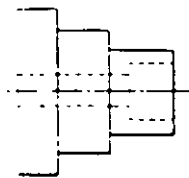


Fig. 2.8 Componente compuesto deducido de la familia

Aunque este componente no tenga ni forma ni expresión física, se encuentra que este concepto habrá de ser bastante útil en el trabajo posterior. Después se estudian las máquinas disponibles para determinar cuál grupo de máquinas puede ser el mejor para producir la familia, y este grupo se agrupa después físicamente para formar una "celda" ó "grupo".

El grupo se prepara para fabricar la familia, produciéndose en él las partes reales, dejando fuera las operaciones que no sean apropiadas para la parte en particular que se esté fabricando, siendo el efecto de este agrupamiento reducir el tiempo total de preparación de la máquina.

Enfoque social.

Mientras los ingenieros consideraban los problemas que implicaba la reducción del tiempo de preparación, los sociólogos sugerían que muchos de los problemas comunes de la industria eran atribuibles a la "deshumanización" del trabajo. Estos resultaban del hecho de trabajar en medios altamente estructurados, como los que existen en los talleres de producción por lotes con distribución funcional, en los que es esencial planear y controlar el día total de trabajo de cada individuo, ó de trabajar en largas líneas de producción continua en ciclo de tiempo corto, en el que los operarios repiten la misma tarea muchísimas veces durante el día de labores.

Se sugirió, y se adujeron pruebas experimentales para apoyar la sugerencia que debería tener lugar una "humanización" del trabajo, en la que se "enriquecieran" los trabajos y se diera mucha libertad a los trabajadores para elegir sus propios métodos y ritmo de trabajo.

Tales sugerencias requieren claramente una alteración en la magnitud del grupo de trabajo. Por tanto, el trabajo realizado con grupos pequeños y con considerable autonomía del operario parecía ser el siguiente paso necesario para el avance en la eficacia industrial.

Esta sugerencia "sociológica" coincide con las necesidades de la Tecnología de Grupos y las dos corrientes de pensamiento se complementan entre sí. Las necesidades de la Tecnología de Grupos, desde el punto de vista técnico coinciden con las necesidades de los pequeños grupos de trabajo en el sentido "sociológico".

Enfoque gerencial.-

A pesar del advenimiento de la computadora, con su capacidad para manejar enormes cantidades de datos, la función de la producción puede requerir de más información de la que se pueda manejar si la organización procede de manera convencional.

Muchos administradores han intentado crear grandes sistemas de "control" en los que se preparan informes detallados de las ocurrencias día a día, y a veces de hora a hora, en el trabajo de cada operario, y para el sitio de cada trabajo.

Estos sistemas han fracasado invariablemente, no sólo por la enorme información, sino también por la dificultad de obtener información actualizada de los puntos de operación.

Contando con que se haya logrado un balance sensible entre la carga y la capacidad en un periodo de planeación, la Tecnología de Grupos reduce este problema en dos formas:

- ❶ La planeación del flujo de trabajo sólo requiere se planee el movimiento de las piezas de trabajo hacia adentro y hacia afuera de una celda (grupo). No es necesario planear el movimiento de las piezas de trabajo en su paso por cada operación comprendida dentro de la celda.

- ❷ El seguimiento de los resultados de la celda servirá para seguir en forma eficaz los resultados de todo el personal comprendido dentro de la celda.

Esta delegación de autoridad "al frente de trabajo" es un paso difícil, a veces traumático, para algunos gerentes que lo toman. Requiere dejar la autoridad del trabajo detallado en el punto del trabajo mismo y muchos gerentes ven a esto como inaceptable.

Sin embargo, si se hace el intento de operar con un sistema de Tecnología de Grupos, mientras se planea a su vez el trabajo en detalle para cada máquina de cada celda, se originaran conflictos de organización que habrán de destruir la eficacia de la celda y del esfuerzo de producción mismo.

Características de un Grupo ó Celda.-

John Burbidge quien tiene amplia experiencia en el campo de la Tecnología de Grupos, sugiere que un grupo eficaz tiene las siguientes siete características:

1 - *El equipo humano* Los grupos estan constituidos por un equipo específico de operarios que trabajan única y generalmente en el grupo

2 - *Productos* Los grupos producen una "familia" específica ó conjunto de productos. En un departamento de ensamble estos productos serán ensambles o conjuntos. En un taller mecánico los productos serán partes mecánicas, etc

3 - *Facilidades*. Los grupos son provistos de un conjunto específico de máquinas y/o otros equipos de producción los cuales se utilizan ya sea solos ó en conjunto dentro del grupo.

4.- *Distribución por grupos.* Las instalaciones se ubican juntas en un área reservada para el grupo.

5.- *Meta.* Los trabajadores que forman el grupo comparten una meta común de producción. Esta meta u "orden por lista" se da al comienzo de cada periodo de producción para ser terminada al final del mismo.

6 - *Independencia.* En lo posible, los grupos deben ser independientes entre sí. Deben poder cambiar su ritmo de trabajo, si así lo desean, durante un periodo. Una vez que han recibido materiales, la producción no debe depender de la de otros grupos de producción.

7 - *Tamaño.* Los grupos se deben limitar a manera de restringir los números de trabajadores por grupo. Se ha recomendado en muchos casos que los grupos sean de entre 6 y 15 trabajadores. En algunos casos se pueden requerir grupos más numerosos, hasta de 35 trabajadores, por razones tecnológicas; observándose que tales grupos trabajan eficientemente en la práctica.

La organización en "familia" y en "grupos" no sólo ofrece la posibilidad de reducir los tiempos auxiliares, sino también simplifica el flujo de material, aumentando la rapidez de movimiento a través del sistema en comparación con la producción por lotes bajo distribución funcional.

La distribución funcional puede crear líneas de espera de las piezas de trabajo al competir los trabajos por los recursos, así como problemas de control al ser necesario seguir cada pieza de trabajo en su paso por cada procesador.

En la Tecnología de Grupos se reducen las líneas de espera; ya que las celdas están balanceadas para manejar la demanda previsible del mercado, y se da el control siguiendo la *entrada* y *salida* de cada celda.

Por ejemplo, un producto tiene seis operaciones y una ruta técnica como sigue:

Operación	Procesador
1	A
2	B
3	A
4	C
5	D
6	B

Si éste es un miembro de una familia, los otros miembros tendrán rutas técnicas muy semejantes. La demanda de la familia completa puede justificar que el grupo comprenda los procesadores siguientes:

Procesadores	Número
A	2
B	2
C	1
D	1

Entonces la celda podría establecerse de acuerdo a las necesidades técnicas de la familia

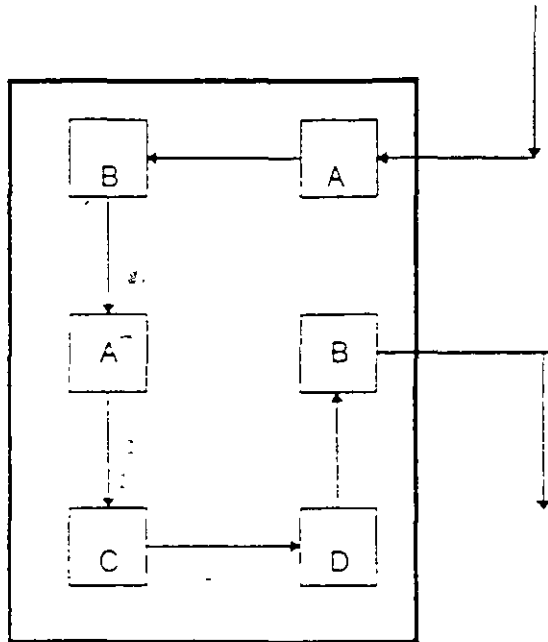


Fig. 2.9 Ruta para un componente de una familia. (tomado del libro "La Producción Industrial", de Keith Lockyer).

Entonces el material para el producto entra a la celda, fluye a través de ésta, sin que los miembros de la familia tomen necesariamente la misma ruta, y sale

El único seguimiento necesario desde fuera de la celda es observar las horas de entrada y de salida. El control del movimiento dentro de la celda se provee internamente, por parte del encargado del grupo o del grupo mismo

Familias de partes.

Por lo anteriormente expuesto, es claro que la clave para usar la Tecnología de Grupos con éxito radica en la habilidad para identificar rápidamente los conceptos que están dentro de la misma familia. En una organización sumamente pequeña es posible que esto se pueda hacer a ojo, pero resulta peligroso y difícil, por lo que es deseable utilizar una técnica sistemática

Análisis del Flujo de Producción (AFP).

Mientras los sistemas de codificación utilizan las características físicas de los productos para formar familias, el AFP utiliza el *método de manufactura* como punto de partida para la clasificación.

Las tarjetas de ruta se examinan y clasifican progresivamente por grupos, siendo el factor común de cada grupo el procesador en el que se efectúan las operaciones sucesivas. Así, el grupo completo de tarjetas de ruta se clasifica primero en *grupos de primera operación* (grupos ó conjuntos A, B, C ...) uno de los cuales (el conjunto A) será el conjunto de rutas sobre las cuales se habrá de efectuar la primera operación en el procesador A.

El conjunto A se clasifica de nuevo en otros grupos, los cuales son determinados por la segunda operación (grupos AB, AC, AD ...). El grupo A, B, o sea el que pasa a su primera operación en el procesador A y a su segunda operación en el procesador B, se clasifica de nuevo para la *tercera operación* (grupos ABC, ABD, ABE, ...) luego para la cuarta operación (grupos ABCD, ABCE, ..., ABDE, ABDF, ..., ABEF, ABEG ...) y así sucesivamente.

A partir de esta clasificación surgirán grupos con características comunes de procesamiento. Se examinan los grupos muy pequeños para ver si se pueden cambiar las rutas, con el fin de cambiar estos trabajos de pequeños grupos a otros grupos más grandes.

Estos se examinan para ver si ofrecen cargas adecuadas para los procesadores que hay dentro del grupo, y nuevamente se hacen modificaciones a las rutas para balancear las cargas en lo necesario. También puede ser deseable combinar ó dividir los grupos para lograr la carga apropiada.

Este sistema parece tedioso, pero se encontrara que resulta más simple en la práctica que en concepto.

Cuando interviene un número muy grande de tarjetas de ruta, puede tomarse una muestra para formar las familias, y Burbidge sugiere que es posible hacer el análisis manual fácilmente con 2 000 tarjetas de ruta, por lo que sería bastante factible tomar una muestra de 2.000 de un grupo de 10 000 tarjetas. Por supuesto, la muestra debe de ser de carácter aleatorio.

Selección de familia.

La composición de la familia de partes que han de "alojarse" en un grupo la determina en gran parte el equipo disponible dentro de la organización; una familia demasiado grande habrá de requerir un gran número de máquinas en el grupo de maquinado; una familia demasiado pequeña puede resultar en una duplicación de la planta. Se deben examinar cuatro aspectos del grupo a los que puede originar una familia.

- 1.- ¿Qué carga habrá de generar la familia?
- 2.- ¿Que capacidades y habilidades serian necesanas?
- 3.- ¿Es posible establecer el grupo para la familia?
- 4.- ¿Están disponibles ó son obtenibles las máquinas necesanas?

Se debe observar que:

a) Un grupo puede de hecho constar de una sola máquina (por ejemplo, un torno revolver). En general, tal era el caso con los agrupamientos Mitrofanov descritos en el capítulo anterior.

b) Es poco probable que todas las maquinas de un grupo sean cargadas igualmente, con probabilidad es inevitable cierto grado de infrautilización.

Idealmente la familia debe escogerse de tal manera que sea economico establecer al grupo una vez para posteriormente establecerlo indefinidamente

Esto no siempre es practicable, y en un grupo se pueden acomodar dos ó mas familias relacionadas cuyos acomodos difieran entre si

En estos casos se puede considerar deseable codificar los acomodos mismos, de manera que el orden de produccion no solo dirija el material hacia un grupo sino que tambien indique que acomodo deba usarse

Notese que el grupo debe efectuar el maquinado completo de una familia para poder alcanzar los beneficios del manejo reducido y de la pérdida por sincronizacion reducida

Metodologías para la formación de familias y células.

Primer método

Cada uno de los diferentes atributos de diseño de un componente, por ejemplo, las dimensiones, la forma total, características de la materia prima, exactitud, acabado superficial, tipo de forma interna y externa, etc., se presentan por un número de código como se describe en el capítulo anterior.

Las familias de componentes poseerían códigos numéricos idénticos. Las máquinas-herramienta se seleccionan analizando las cartas de ruta de esos componentes. Este método prevalece aún cuando es indirecto, para la creación de células de manufactura.

Demasiado tiempo y esfuerzo se dedica a la creación y codificación de una base de datos elaborada, que proporciona una débil conexión entre características de componentes y el agrupamiento de máquinas-herramienta.

Segundo método

Con el uso indirecto de las hojas de proceso, este método es rápido y suficientemente exacto para indicar a la compañía el alcance de la distribución de la planta en células de manufactura independientes. Los datos básicos de entrada es la lista exacta de esas máquinas. Este método no es solución de un sólo paso para la formación de las células. Es una parte de una herramienta sistemática de diseño, llamada Análisis del flujo de Producción.

El uso de la hoja de procesos sirve para preparar la formación de la matriz máquina-componente, en la cual los renglones representan máquinas y las columnas representan componentes o viceversa. Si una celda de $A_{ij} = 1$, esto indica que la máquina "i" hace el componente "j", o si $A_{ij} = 0$, quiere decir que no existe relación entre los dos. De manera que la matriz completa es un arreglo de 0 y 1 aleatorios.

Los algoritmos de agrupamiento descansan sobre las suposiciones esenciales de que las máquinas y componentes pueden separarse en grupos similares de máquinas y componentes.

Esto estará representado en grupos a lo largo de la matriz diagonal.

Esta representación visual de la posible constitución de las células es la clave de estos métodos. Algunas medidas de requerimientos comunes de máquinas entre grupos se indicarán directamente por la dispersión relativa de entradas a lo largo de la diagonal de la matriz.

Metodologías existentes para el análisis matricial en la formación de grupos.

En la literatura sobre el tema se presentan varios métodos para la formación de células de Manufactura como son:

- Algoritmo de Kusiak.
- Algoritmo de máquinas en cadena.
- Algoritmo de valor de utilización.
- Algoritmo de escala multidimensional.

Para nuestro caso en concreto, se describirá el algoritmo de posición ordenada y posteriormente se presentará la codificación y la "comida" de un programa desarrollado en Visual Basic© de Microsoft basado en el algoritmo citado.

Algoritmo de posición ordenada (Rangos)

El algoritmo de orden de rangos representa los datos como una matriz binaria. Usando una técnica de ponderación posicional para las entradas 1 en la matriz, las filas y las columnas se rearreglan alternativamente en orden de rango decreciente.

El resultado es la diagonalización de los "1" en varios grupos. Si los grupos máquina-componente independientes existen en los datos muestra, cada máquina estará presente en un solo grupo. Los componentes se asignaran desigualmente a cualquiera de los grupos.

Este algoritmo está diseñado para generar un modelo específico en el cual, si las filas y columnas son leídas como números binarios, aparecerán en la matriz en rango decreciente

La base del sistema binario es el 2 y posiciones digitales sucesivas de izquierda a derecha tienen respectivamente los pesos.

$$2^0, 2^1, 2^2, 2^3, \dots, 2^n$$

Estos pesos se usan para convertir los números binarios en el sistema decimal común.

Entonces, a manera de ilustración se verá que la fila "D" en la matriz anexa, tiene la siguiente forma equivalente decimal de la forma binaria:

2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
X	X	X	X	X	X
1	1	1	0	0	0
=32	=16	=8	=0	=0	=0

láquinas	COMPONENTES						Dec. equiv.	Orden.rango
	3	5	6	2	1	4		
	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0		
2^4	D	1	1	1	0	0	56	1
2^3	B	1	1	0	0	0	48	2
2^2	E	0	0	0	1	1	7	3
2^1	C	0	0	0	1	1	7	4
2^0	A	0	0	0	1	1	6	5
Decimal equivalente		24	24	16	7	7	6	
Orden rango		1	2	3	4	5	6	

Descripción

El algoritmo de agrupamiento "lee" cada una de las celdas de entradas en forma binaria clasifica las filas en orden decreciente del valor binario. Las filas con el mismo valor debe de clasificarse arbitrariamente en el mismo orden en el que aparecen en su matriz actual

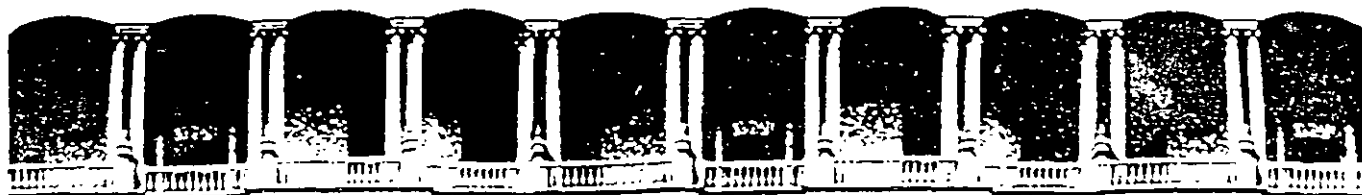
Establece una comparación para saber si son iguales el orden de filas de la matriz (numerando de arriba hacia abajo) y el orden de clasificación calculado. Si no son iguales se reforma la matriz máquina-componente comenzando en la primera fila, reorganizando las filas en orden decreciente, si son iguales se detiene

Aparece una nueva disyuntiva ¿son iguales el orden de la matriz actual (numerando de izquierda a derecha) y la clasificación calculada?, si son iguales, se detiene en caso contrario se reforma la matriz inicial máquina-componente comenzando con la primera columna reorganizando las columnas en orden clasificado decreciente

El algoritmo convergirá en un número finito de iteraciones. Tiene la facilidad de que, aunque se pretende como un programa de cómputo si se puede realizar con cálculos manuales para tamaños moderados. El algoritmo producirá

- 1- Grupos máquina-componente mutuamente independientes, en cuyo caso el problema queda resuelto o bien.
- 2- Grupos máquina-componente algunos o todos de los cuales puede que no sean mutuamente excluyentes

Si ocurre el segundo caso entonces los casos excepcionales serán indicados en la matriz de la solución final. El procedimiento entonces es simplemente volver a hacer el algoritmo con los elementos excepcionales suprimidos, estos elementos son las máquinas críticas o cuellos de botella. Esta es una limitante de este algoritmo.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN

MODULO I: DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

TEMA

CERTIFICACIÓN ISO 9000

**EXPOSITOR: ING. DANIEL RODRÍGUEZ RESENDIZ
PALACIO DE MINERIA
SEPTIEMBRE DEL 2000**

Las certificaciones ISO 9000 se están difundiendo como reguero de pólvora y, aparte de sus ventajas para las empresas, sobre todo las de vocación exportadora, esta tendencia obliga a serias reflexiones. De otro modo se corre el riesgo de involucrarse en una moda, según la cual obtener una certificación es un desafío frívolo y no una propuesta seria de aseguramiento de la calidad.

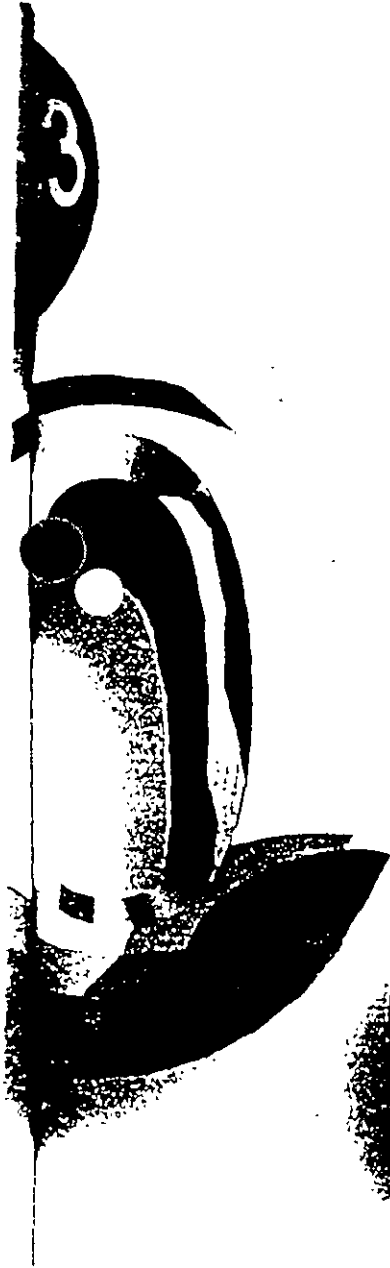
En estos tiempos de *multi-sourcing* y mercados globales, a muchas empresas mexicanas ya no les basta prometer que cumplirán con los requerimientos de sus clientes en el país y el extranjero. Ahora, y en forma creciente, la confianza se mide con la vara de las normas ISO 9000, relativas a la operatividad de sistemas de aseguramiento de la calidad.

Es por esto que, como ocurrió hace unos años con los códigos de barras en los productos de consumo masivo, muchos fabricantes han debido salir en busca de su certificado para poder aspirar a los mercados extranjeros, donde este requisito va camino de convertirse en una herramienta imprescindible.

Sin embargo, la adquisición del certifica-

do no sólo tiene sus dificultades, sino que ha generado más de una confusión. Para comenzar hay que decir muy claramente que, más que a la calidad intrínseca de los productos, las normas ISO 9000 se refieren a la capacidad del fabricante para producirlos en forma ordenada y confiable, según las necesidades y especificaciones del comprador. Esto es, que puede manufacturar los productos solicitados en el tiempo pactado y con las características prometidas.

El concepto vale para la fabricación de relojes de 10 pesos, televisores de 5,000 y motores de 50,000, porque dichas normas no discriminan sobre la calidad propia de los productos, sino sobre los sistemas de aseguramiento de calidad de los procesos de diseño, producción, almacenamiento, comercialización y servicios. Por eso no hay «productos ISO 9000», ni está permitido utilizar el símbolo o la mención de la certificación en los artículos destinados al



**No está
permitido
utilizar el
símbolo o la
mención de
la certificación
en los artículos
destinados
al consumidor
final.**

**Muchos fabricantes han debido salir
en busca de su certificado para aspirar
a los mercados extranjeros, donde este
requisito va camino de convertirse en
una herramienta imprescindible.**

ISO 9000 en Internet

Para quienes estén interesados en obtener más información respecto de las normas ISO 9000, así como contactar proveedores de software, consultoría y otros servicios, existe en Internet una gran variedad de empresas y servidores. A continuación se incluye una lista con las direcciones de algunos sitios básicos. Para obtener una mayor variedad, se recomienda ordenar una búsqueda a través de alguno de los *engine searches*, como Yahoo o Excite.

- Consultora TUV America: <http://www.tuvam.com/>
- Underwriters Laboratories: <http://www.ul.com/>
- Welcome ISO Easy: <http://www.exit109.com/~leebee/>
- Normas ISO: <http://www.iso.ch/welcome.html>,
<http://www.iso.ch/>,
<http://www.iso.ch/9000e/forum.html/>
- Web ISO Interactivo: <http://www.iso9000directory.com/>

4.2. QUE SON LAS NORMAS ISO-9000

La normativa ISO-9000 es una serie de seis normas aplicadas a la administración de Sistemas de Calidad, estas normas son:

ISO-8402 Sistemas de calidad.- Vocabulario.

ISO-9000 Gestión de calidad.- Guía para la selección y el uso de normas de Aseguramiento de Calidad.

ISO-9001 Sistemas de Calidad.- Modelo para el Aseguramiento de la Calidad aplicable al proyecto/diseño, la fabricación, la instalación y el servicio.

ISO-9002 Sistemas de Calidad.- Modelo para el Aseguramiento de la Calidad aplicable a la fabricación e instalación.

ISO-9003 Sistemas de Calidad.- Modelo para el Aseguramiento de la Calidad aplicable a la inspección y pruebas finales.

ISO-9004 Sistemas de Calidad.- Gestión de la Calidad y elementos de un Sistema de Calidad. Directrices.

4.3. EXPLICACION Y USO DE LAS NORMAS ISO-9000

ISO-8402 / NMX-CC-1. VOCABULARIO.

Esta norma establece los términos y las definiciones empleadas en el campo de Aseguramiento de la Calidad.

Las definiciones contenidas en esta norma tienen como finalidad facilitar la comunicación entre el personal involucrado en el Aseguramiento de la Calidad; y la comprensión de los términos generales que se emplean en el campo del aseguramiento de la calidad y de los usados específicamente en la normativa nacional de Sistemas de Calidad.

Los términos y definiciones en esta norma tienen aplicación directa en las normas ISO-9000 / NMX-CC-2, ISO-9001 / NMX-CC-3, ISO-9002 / NMX-CC-4, ISO-9003 / NMX-CC-5, ISO-9004 / NMX-CC-6.

ISO-9000 / NMX-CC-2. GESTION DE CALIDAD. GUÍA PARA LA SELECCIÓN Y EL USO DE NORMAS DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD.

Esta norma tiene los siguientes objetivos:

- Establecer claramente las diferencias e interrelaciones entre los principales conceptos de Calidad.
- Proporcionar la guía para la selección y el uso de la normas de Sistemas de Calidad que puedan ser empleadas para propósitos de la gestión interna de Calidad (ISO-9004 / NMX-CC-6), y para propósitos externos de Aseguramiento de Calidad (ISO-9001 / NMX-CC-3, ISO-9002 / NMX-CC-4, ISO-9003 / NMX-CC-5).

ISO-9001 / NMX-CC-3. SISTEMAS DE CALIDAD. MODELO PARA EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD APLICABLE AL PROYECTO / DISEÑO, LA FABRICACIÓN, LA INSTALACIÓN Y EL SERVICIO.

Esta norma establece los requisitos mínimos que debe cumplir el sistema de Aseguramiento de Calidad de un proveedor, cuya responsabilidad abarca desde el proyecto / diseño, hasta la fabricación e instalación de un producto, así como proporcionar el servicio correspondiente al mismo.

Esta norma es aplicable cuando los requisitos del producto, proceso o servicio se establecen principalmente en función del servicio a prestar, y por consecuencia, el proveedor se responsabiliza de la gestión de la Calidad en las distintas etapas, desde el proyecto y/o diseño, hasta el servicio al cliente.

Los requisitos establecidos en esta norma tienen el objetivo de evitar productos no conformes en todas sus etapas, desde el producto y/o diseño hasta el final de la vida útil del producto, incluyendo los servicios al cliente.

Esta norma forma parte de un conjunto de tres normas referidas a los sistemas que pueden utilizarse para el Aseguramiento de la Calidad. Los modelos descritos en las tres normas representan modelos distintos de capacidad funcional y organizativa que pueden ser utilizados para regular las relaciones contractuales entre las partes (proveedor y cliente), así como para la evaluación de dichos sistemas. Las dos normas restantes son:

- ISO-9002 / NMX-CC-4.
- ISO-9003 / NMX-CC-5.

ISO-9002 / NMX-CC-4. SISTEMAS DE CALIDAD. MODELO PARA EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD APLICABLE A LA FABRICACIÓN E INSTALACIÓN.

Esta norma establece los requisitos mínimos que debe cumplir el Sistema de Aseguramiento de Calidad de un proveedor que tiene la responsabilidad de fabricar e instalar un producto.

La norma es aplicable cuando los requisitos del funcionamiento del producto y/o servicio ya han sido establecidos, y consecuentemente el proveedor se responsabiliza de la gestión de la Calidad en las etapas de fabricación e instalación.

ISO-9003 / NMX-CC-5. SISTEMAS DE CALIDAD. MODELO PARA EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD APLICABLE A LA INSPECCIÓN Y PRUEBAS FINALES.

Esta norma establece los requisitos mínimos que debe cumplir el Sistema de Aseguramiento de calidad de un proveedor que tiene la responsabilidad de inspeccionar y efectuar las pruebas finales correspondientes para la aceptación del producto.

Este documento se aplica cuando los requisitos del producto y/o servicio ya se encuentran establecidos con referencia a un proyecto y/o diseño o a una especificación, y consecuentemente, el proveedor se responsabiliza de la gestión de la Calidad en las etapas de inspección y pruebas finales.

La guía para evaluar la aplicación de esta norma es la norma ISO-10011, cuya norma equivalente en México es la norma NMX-CC-7 SISTEMAS DE CALIDAD. AUDITORIAS DE CALIDAD.

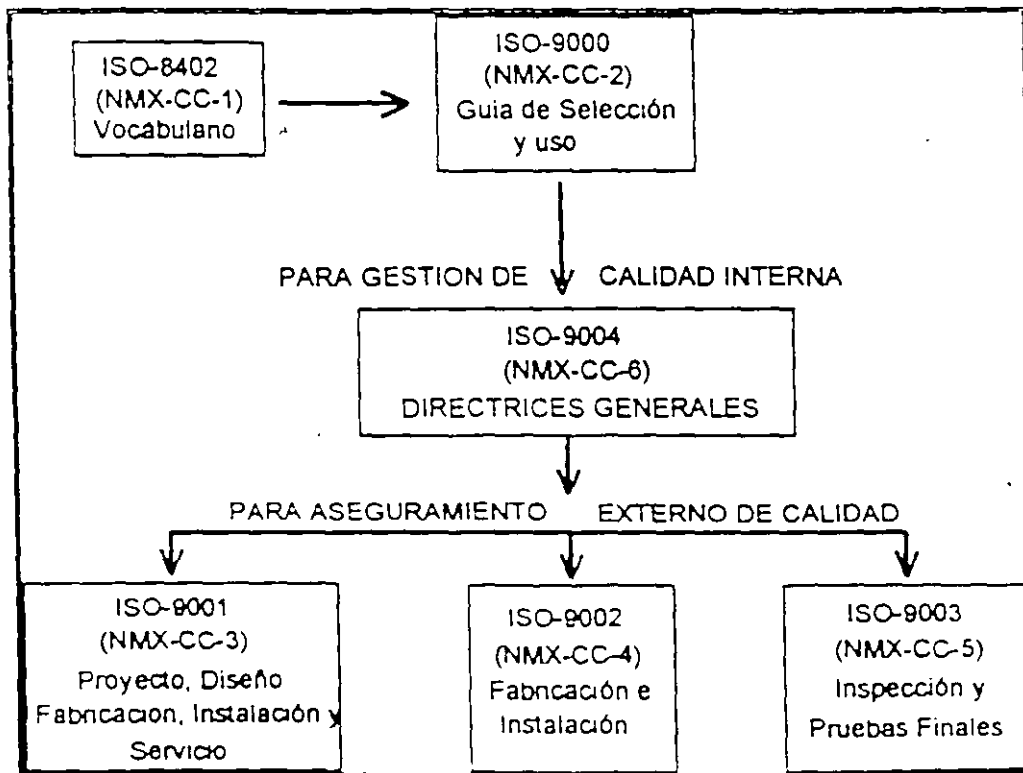
ISO-9004 / NMX-CC-6. SISTEMAS DE CALIDAD. GESTIÓN DE LA CALIDAD Y ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE CALIDAD. DIRECTRICES GENERALES.

Esta norma describe los elementos básicos por medio de los cuales un Sistema de Calidad puede ser desarrollado e implantado.

La selección de los elementos apropiados contenidos en esta norma y la extensión en que son adoptados y aplicados por una empresa dependerá de factores tales como mercado, naturaleza del producto, proceso de producción y necesidades del consumidor.

La presente norma no pretende ser una lista de verificación del cumplimiento de requisitos de un Sistema de Calidad, sólo presenta las directrices generales del Sistema de Calidad.

Apoyándonos en la explicación anterior, se sugiere que las normas se estudien (para su mejor comprensión) en el siguiente orden:



A N E X O 1

CERTIFICACIÓN DE SISTEMAS DE CALIDAD

PANORAMA GENERAL DE LA CERTIFICACIÓN

CERTIFICACIÓN es la acción llevada a cabo por una entidad reconocida como independiente de las partes interesadas, manifestando que se dispone de la confianza adecuada de que un producto, proceso o servicio, debidamente identificado, está conforme con una norma u otro documento normativo.(Definición de ISO/IEC Guide 2 "General terms and their definitions concerning standardization and related activities").

OBJETIVOS DE LA CERTIFICACIÓN

Los principales objetivos de la certificación son:

- Estimular al fabricante a elevar la Calidad del producto y/o servicio.
- Demostrar que la empresa tiene en correcta operación un Sistema de Calidad.
- Mejorar el Sistema de Calidad en la empresa.
- Proteger al consumidor.
- Proporcionar a los clientes confianza en la seguridad y bondad de los productos y/o servicios adquiridos.

BENEFICIOS DE LA CERTIFICACIÓN

- Fomenta el desarrollo de la normalización.
- Es una actividad avalada por organismos reconocidos.
- Incrementa el nivel de confiabilidad y Calidad de la industria.
- Facilita la incursión en los mercados internacionales.
- Propicia el incremento de infraestructura para la certificación.

TIPOS DE CERTIFICACIÓN

Actualmente podemos hablar de tres tipos de certificación:

Certificación de primera parte

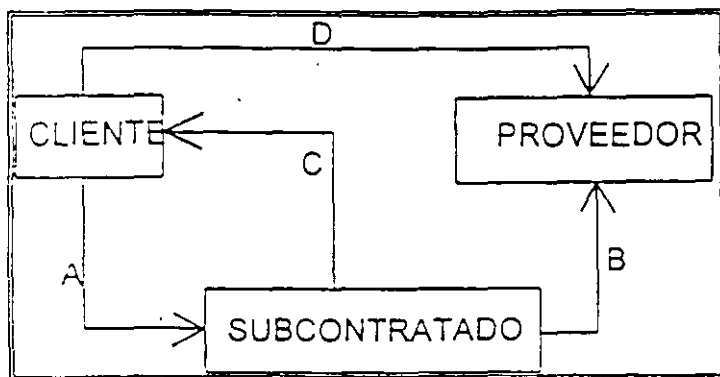
Esta certificación es efectuada por la empresa misma es decir, cuando ésta se verifica a sí misma o a su personal; por ejemplo, ella puede emitir un certificado en el que exprese que su personal está capacitado para realizar ciertas funciones dentro de la misma.

Certificación de segunda parte

Esta certificación es la que efectúa el cliente a su proveedor. Es decir, un proveedor puede solicitar a su cliente que éste lo certifique para verificar que su sistema, producto o servicio es el convenido entre ambos, por lo tanto, el certificado que otorgue este cliente será válido únicamente para éste y su proveedor.

La certificación de segunda parte también puede hacerse por subcontratación, por ejemplo, si el cliente no tiene personal o recursos para hacer las evaluaciones a su proveedor y certificarlo, entonces puede contratar a un tercero para que realice esta función.

Lo anterior se ilustra con la siguiente figura:



- A. El CLIENTE pide al subcontratado que evalúe al PROVEEDOR.
- B. El SUBCONTRATADO evalúa al PROVEEDOR.
- C. El SUBCONTRATADO entrega los resultados al CLIENTE.
- D. El CLIENTE emite el CERTIFICADO a su PROVEEDOR.

Certificación de Tercera Parte

Es la que efectúa un organismo de CERTIFICACIÓN RECONOCIDA, por ejemplo BVQI, UL, BSI, etc.

En este tipo de certificación, la empresa puede dirigirse directamente al organismo RECONOCIDO.

Carácter de la Certificación

En general, la certificación se aplica a:

- Sistemas de Calidad.
- Productos y servicios.
- Personal (auditores, soldadores, ensayos no destructivos).
- Organismos certificadores (acreditamiento).

La certificación puede ser de carácter:

- Obligatoria.
- Voluntaria.

Certificación Obligatoria

Se presenta cuando se producen o comercializan productos y/o servicios que pueden afectar la SEGURIDAD y SANIDAD de los ciudadanos, así como al MEDIO AMBIENTE.

Certificación Voluntaria

Se presenta cuando se buscan beneficios propios como nuevos mercados y asegurar los ya existentes. La certificación voluntaria puede adquirir carácter de obligatoria por medio de una relación contractual.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO EN INGENIERIA DE
PRODUCCION**

MODULO I: DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCION

TEMA

BALANCEO DE LINEA

**EXPOSITOR: ING. DANIEL RODRÍGUEZ RESENDIZ
PALACIO DE MINERIA
SEPTIEMBRE DEL 2000**

BALANCEO DE LÍNEA.

SE SUELE HABLAR DE DOS TIPOS FUNDAMENTALES SEGÚN SE TRATE: **BALANCEO DE UNA LÍNEA DE ENSAMBLE O DEL BALANCEO DE UNA LÍNEA DE FABRICACIÓN**, SI BIEN EN LA PRÁCTICA MUCHAS VECES ES DIFÍCIL DISTINGUIR ENTRE UNA Y OTRA.

PARA RESOLVER ESTE TIPO DE PROBLEMAS SE NECESITA COMO MÍNIMO INFORMACIÓN SOBRE:

- a) VOLUMENES DE PRODUCCIÓN.
- b) LISTA DE OPERACIONES, SU SECUENCIA Y PORCENTAJE ESTANDAR DE PRODUCCIÓN DEFECTUOSA.
- c) TIEMPOS REQUERIDOS POR CADA OPERACIÓN.

EJERCICIOS:

BALANCEO DE UNA LÍNEA DE ENSAMBLE:

SE NECESITAN FABRICAR 700 PIEZAS AL DÍA EN UN TURNO DE 8 HRS.

NO. DE OPERACIÓN (1)	TIEMPO ESTANDAR (2)
1	1.25
2	1.38
3	2.58
4	3.84
5	1.23
6	1.24
7	2.28
8	1.26

LA FRECUENCIA DE PRODUCCIÓN, SE EMPLEA PARA EL CALCULO DE LA COLUMNA (3) Y SE OBTIENE CON LA SIGUIENTE FORMULA:

$$\frac{480 \text{ MIN}}{700 \text{ PZAS}} = 0.685 \text{ MIN. POR PZA.}$$

EL VALOR ANTERIOR SE EMPLEA EN LA FORMULA:

$$\frac{\text{TIEMPO ESTANDAR}}{\text{FRECUENCIA DE PRODUCCION}} = \text{NÚM. DE OPERARIOS (O NUM. DE ESTACIONES)}$$

ENTONCES:

NO. DE OPERACIÓN (1)	TIEMPO ESTANDAR (2)	NO. DE OPERARIOS (3)	NO. DE OPERARIOS (REDONDEADO) (4)
1	1.25	1.82	2
2	1.38	2.01	2
3	2.58	3.77	4
4	3.84	5.61	6
5	1.23	1.80	2
6	1.24	1.81	2
7	2.28	3.33	3
8	1.26	1.84	2
			23

AHORA BIEN, OCURRE NORMALMENTE QUE LOS TIEMPOS ESTANDAR NO SON CUMPLIDOS POR ALGÚN PUESTO DE LA LÍNEA, O POR TODA LA LÍNEA. APARECE ENTONCES LO QUE SE LLAMA EFICIENCIA (ϵ) DE LA LÍNEA, QUE ES EL COCIENTE FORMADO POR:

$$\epsilon = \frac{\text{TIEMPO ESTANDAR}}{\text{TIEMPO REAL}}$$

SI POR EJEMPLO, DETERMINAMOS QUE LA EFICIENCIA $\epsilon = 80\%$, ENTONCES, DEBEMOS BALANCEAR LA LÍNEA DE ACUERDO A LOS NUEVOS TIEMPOS. PARA EL CALCULO DE LA COLUMNA (5) SE EMPLEA LA SIGUIENTE FORMULA:

$$\text{TIEMPO REAL} = \text{TIEMPO ESTANDAR} / \text{EFICIENCIA}$$

LA COLUMNA (6) RESULTA SER LA FRECUENCIA REAL DE PRODUCCION, ES DECIR:

$$\text{TIEMPO REAL} / 0.685$$

NO. DE OPERACIÓN (1)	TIEMPO ESTANDAR (2)	TIEMPO REAL (5)	NO. DE OPERARIOS (6)	NO. DE OPERARIOS (REDONDEADO) (7)
1	1.25	1.56	2.28	2
2	1.38	1.73	2.53	3
3	2.58	3.23	4.72	5
4	3.84	4.80	7.01	7
5	1.23	1.54	2.25	2
6	1.24	1.55	2.26	2
7	2.28	2.85	4.16	4
8	1.26	1.58	2.31	2
				27

PARA SABER CUAL ES LA OPERACIÓN MÁS LENTA, DIVIDIMOS EL TIEMPO REAL DE CADA OPERACIÓN ENTRE EL NÚMERO DE OPERARIOS PARA CADA UNA DE LAS OPERACIONES.

CON LA SIGUIENTE FORMULA, SE OBTIENE LA COLUMNA(8)

$$\text{TIEMPO REAL} / \text{No. DE OPERARIOS}$$

NO. DE OPERACIÓN (1)	TIEMPO DE OBTENCIÓN DE UN PRODUCTO (MIN). (8)
1	0.78
2	0.58
3	0.65
4	0.69
5	0.77
6	0.78
7	0.71
8	0.79

OPERACIÓN MÁS LENTA

EN CONSECUENCIA LA OPERACIÓN 8 DETERMINARÁ LA VELOCIDAD DE LA LÍNEA QUE EN ESTE CASO SERÁ:

$$\frac{480}{0.79} = 607.59 \text{ PIEZAS.}$$

POR LO QUE DETERMINAMOS QUE FALTAN:

$$700 - 607.59 = 92.41 \text{ PIEZAS}$$

COMO ESTA VELOCIDAD NO RESULTA ADECUADA, TENEMOS QUE AUMENTAR LA VELOCIDAD DE PRODUCCIÓN DE LA OPERACIÓN NÚMERO 8. ESTO PUEDE LOGRARSE DE LAS SIGUIENTES MANERAS:

- * HACIENDO QUE UNO DE LOS DOS OPERARIOS DE LA ESTACIÓN, TRABAJE HORAS EXTRAS.

$$92.41 \times 0.79 = 73 \text{ MIN.}$$

- * UTILIZANDO LOS SERVICIOS DE UN TERCER HOMBRE (MEDIO TIEMPO) EN LA ESTACIÓN NO. 8
- * MEJORANDO EL MÉTODO DEL PUESTO No 8 PARA DISMINUIR EL TIEMPO DEL CICLO.
- * PROVOCANDO QUE LA LÍNEA TRABAJE CON UNA MAYOR EFICIENCIA.

BALANCEO DE UNA LÍNEA DE FABRICACIÓN:

OBTENER 10 TONELADAS DE HILO AL DÍA.

LIMPIEZA	CARDADO	ESTIRADO	TORCIDO	HILADO	
3.0% DEFECTOS → 10,737KG/D	1.7% DEFECTOS → 10,424KG/D		2.5% DEFECTOS → 10,250KG/D		→ 10,000 KG
1 MAQ. → 1,500KG/D	1 MAQ. → 750KG/D	1 ESTIRADOR A → 185KG/D	1 TORCEDOR A → 210KG/D	1 HILADORA → 100KG/D	
7.16 MAQ. ≈ 8 MAQ.	13.9 MAQ. ≈ 14 MAQ.	55.4 MAQ. ≈ 56 MAQ.	48.8 MAQ. ≈ 49 MAQ.	100 HILADORAS	
1 OPERARIO ATIENDE 4 MÁQUINAS.	1 OPERARIO ATIENDE 4 MÁQUINAS.	1 OPERARIO ATIENDE 12 MÁQUINAS.	1 OPERARIO ATIENDE 17 MÁQUINAS.	1 OPERARIO ATIENDE 18 MÁQUINAS.	
2 OPERARIOS	3.5 OPERARIOS ≈ 4 OPERARIOS	4.66 OPERARIOS ≈ 5 OPERARIOS	2.88 OPERARIOS ≈ 3 OPERARIOS	5.5 OPERARIOS ≈ 6 OPERARIOS	20 OPERARIOS

EJERCICIO DE DIAGRAMA DE BLOQUES

CONSIDEREMOS LA FABRICACIÓN DE TRES PRODUCTOS:

PRODUCTO / ACTIVIDAD	A	B	C
1	TORNEADO	ENMETALADO	TORNEADO
2	ENMETALADO	FRESADO	ENMETALADO
3	FRESADO	TALADRADO	TALADRADO
4	RECTIFICADO	FRESADO	ENMETALADO
5	TALADRADO	ENMETALADO	RECTIFICADO
6	TORNEADO	TORNEADO	CONTROL DE CALIDAD
7	CONTROL DE CALIDAD	CONTROL DE CALIDAD	

LOS TRES PRODUCTOS SALEN DEL ALMACÉN DE MATERIA PRIMA Y LUEGO DEL CONTROL DE CALIDAD, SE ENVIAN AL ALMACÉN DE PRODUCTO TERMINADO.

1

1) ALMACÉN DE MATERIA PRIMA

2) TORNOS

3) FRESAS

4) RECTIFICADORAS

5) TALADROS

6) ENMETALADORAS

7) CONTROL DE CALIDAD

8) ALMACÉN DE PRODUCTO

TERMINADO.

EL CUADRO DE SECUENCIAS QUEDA DE LA SIGUIENTE MANERA:

PROD	S	E	C	U	E	N	C	I	A	VOL. UNID EQUIV
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
A	1	2	6	3	4	5	2	7	8	2
B	1	6	3	5	3	6	2	7	8	1
C	1	2	6	5	6	4	7	8		3

EL CUADRO SUMARIO QUEDA ASÍ:

DE / A	1	2	3	4	5	6	7	8
1	XXX							
2	5	XXX			2	1		
3			XXX		1	3		
4			2	XXX		3		
5			1	2	XXX	3		
6	1	5	1		3	XXX		
7		3		3			XXX	
8							6	XXX

SE DIBUJAN LOS BLOQUES.

SE LES NUMERA AL AZAR.

SE INDICA EL TRÁFICO ENTRE SECCIONES.

SE BUSCA ENTONCES, UBICAR LOS BLOQUES TRATANDO DE MINIMIZAR LOS MOVIMIENTOS.

RECORDAR QUE LOS DEPARTAMENTOS 1 Y 3 DEBERÁN TENER FACIL COMUNICACIÓN CON EL EXTERIOR.

DIAGRAMA PROGRESIVO O MÉTODO SLP (SYSTEMATIC LAYOUT PLANNING).

EL MÉTODO UTILIZA UNA TÉCNICA CUALITATIVA AL PROPONER DISTRIBUCIONES CON BASE EN LA CONVENIENCIA DE CERCANÍA ENTRE DIFERENTES ÁREAS DE TRABAJO. EMPLEA LA SIGUIENTE SIMBOLOGÍA INTERNACIONAL:

LETRA	ORDEN DE PROXIMIDAD
*A	ABSOLUTAMENTE NECESARIA
E	ESPECIALMENTE IMPORTANTE
I	IMPORTANTE
O	ORDINARIA O NORMAL
U	SIN IMPORTANCIA
*X	INDESEABLE

* SON RELACIONES CRÍTICAS. SE DEBERÁ EXPLICAR POR SEPARADO EL MOTIVO POR EL CUÁL SE LES CONSIDERÓ ASÍ.

EL MÉTODO CONSISTE EN LOS SIGUIENTES PASOS:

1. SE ANOTAN AL AZAR TODOS LOS DEPARTAMENTOS QUE COMPONEN LA INSTALACIÓN, ASIGNÁNDOLE UN NÚMERO A CADA UNO DE ELLOS.
2. SE DEFINE EL PROCESO.
3. A CONTINUACIÓN LLENAMOS UN CUADRO DE RELACIONES INTERDEPARTAMENTALES.
4. LUEGO, UBICAMOS CIRCULOS AL AZAR (UNO REPRESENTANDO CADA SECCIÓN), E INTRODUCIMOS RELACIONES TIPO "A".
5. REORDENAR SEGÚN "A".
6. INTRODUCIR EN LA FIGURA ANTERIOR LAS RELACIONES TIPO "X".
7. REORDENAMOS SEGÚN "X".
8. INTRODUCIMOS RELACIONES TIPO "E".
9. REORDENAMOS SEGÚN "E", PERO MANTENIENDO LAS RESTRICCIONES DE LAS RELACIONES "A" Y "X".
10. LUEGO SEGUIMOS CON LAS RELACIONES TIPO "I", "O", Y "U", QUE EN GENERAL NO SE HACEN, PUES NO PERMITEN MEJORAR DEBIDO A LAS RESTRICCIONES YA IMPUESTAS.
11. POSTERIORMENTE, SE UBICAN GRÁFICAMENTE LOS SECTORES, CON SUS DIMENSIONES REALES Y DE ACUERDO CON EL ÚLTIMO DIAGRAMA OBTENIDO. SE DEBERÁ SIMULAR EL RECORRIDO DE MATERIA PRIMA PARA CONSTATAR QUE NO EXISTAN INCONGRUENCIAS.

COMO TODO ESTO ES MUY SUBJETIVO, SE RECOMIENDA HACER UN ANÁLISIS DE TODAS LAS ALTERNATIVAS OBTENIDAS.

PRINCIPIOS GENERALES.

1.-PLANTEAMIENTO	PLANEAR LAS ACTIVIDADES DE MANEJO Y ALMACENAJE DE MATERIALES PARA OBTENER LA MÁXIMA EFICIENCIA OPERATIVA GLOBAL
2.-SISTEMAS	INTEGRAR TANTAS ACTIVIDADES DE MANIPULEO COMO SEA POSIBLE EN UN SISTEMA QUE CUBRA PROVEEDORES, RECEPCIÓN, PRODUCCIÓN, INSPECCIÓN, EMBALAJE, DEPÓSITOS, EXPEDICIÓN, TRANSPORTE, Y SERVICIO.
3.- GRAVEDAD	UTILIZAR LA FUERZA DE GRAVEDAD SIEMPRE QUE SEA POSIBLE
4.- ESPACIOS	APROVECHAR EN FORMA OPTIMA EL ESPACIO EN TRES DIMENSIONES.
5.-TAMAÑO UNITARIO	AUMENTAR LA CANTIDAD, TAMAÑO O PESO DE LAS CARGAS UNITARIAS.
6.- MECANIZACION	SIEMPRE QUE SEA ECONÓMICAMENTE FACTIBLE, SE DEBERÁN MECANIZAR LAS OPERACIONES DE MANIPULEO.
7.-NORMALIZACION	NORMALIZAR METODOS DE MANIPULEO ASI COMO TAMBIEN TAMAÑOS Y TIPOS EMPLEADOS.
8.- ADAPTABILIDAD	UTILIZAR METODOS Y EQUIPOS QUE PUEDAN REALIZAR UNA VARIEDAD DE TAREAS Y APLICACIONES, DONDE NO SE JUSTIFIQUEN EQUIPOS ESPECIALES.
9.-PESO PROPIO	REDUCIR LA PROPORCION DE PESO PROPIO DEL EQUIPO DE TRANSPORTE CON RELACIÓN A LA CARGA TRANSPORTADA.
10.-UTILIZACION	LOGRAR LA MAXIMA CARGA DE TRABAJO PARA EQUIPOS Y LA MANO DE OBRA.
11.-MANTENIMIENTO	PLANEAR EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE TODOS LOS EQUIPOS DE MANIPULEO.

12.- CONTROL	UTILIZAR ACTIVIDADES DE MANIPULEO DE MATERIALES PARA MEJORAR EL CONTROL DE LA PRODUCCIÓN E INVENTARIOS.
13.- SEGURIDAD	PROVEER METODOS Y EQUIPOS ADECUADOS PARA UN MANIPULEO SEGURO.
14.-CAPACIDAD	LOS EQUIPOS DE MANIPULEO DEBEN AYUDAR A LOGRAR LA PRODUCCIÓN DESEADA Y AÚN A CUBRIR PICOS.

DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS

LOS MANUALES DE EQUIPO DE MANEJO DE MATERIALES PRESENTAN MÁS DE 430 CLASES DE EQUIPOS. NOSOTROS AGRUPAREMOS LOS TIPOS DE EQUIPOS EN 8 CATEGORIAS PRINCIPALES:

- 1.- TRANSPORTADORES CONTÍNUOS.
- 2 - GRUAS, MALACATES Y ELEVADORES.
- 3.- VEHICULOS INDUSTRIALES.
- 4.-VEHICULOS AUTOMOTORES.
- 5.- VAGONES FERROVIARIOS.
- 6.- TRANSPORTES MARITIMOS.
- 7.- TRANSPORTES AEREOS.
- 8.- CAJAS DE TRANSPORTE Y EQUIPOS AUXILIARES.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO EN INGENIERIA DE
PRODUCCION**

MODULO I: DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCION

TEMA

**TECNOLOGIA DE GRUPOS
(ANEXO)**

**EXPOSITOR: M. EN I. SILVINA HERNANDEZ GARCIA
PALACIO DE MINERIA
SEPTIEMBRE DEL 2000**



• Historia de la Tecnología de Grupos

> Nacimiento:

◊ A principios de siglo.

> Pretensiones:

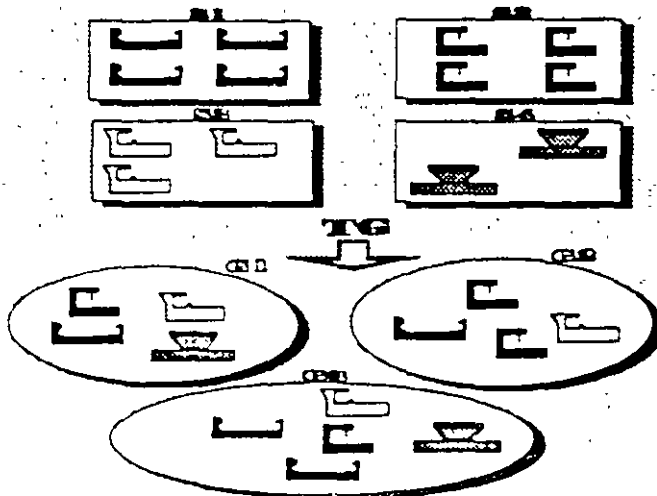
◊ Hacer extensivas a la fabricación por lotes las ventajas de la fabricación en grandes series (líneas específicas), mediante la creación de células para mecanizar piezas similares.

> Organización clásica de un Taller Mecánico:

◊ Agrupación de máquinas similares en secciones (tornos, fresas, taladros, rectificadores, etc.) en donde las piezas a mecanizar se mueven de una sección a otra.

> Organización según TG:

◊ Agrupación de máquinas en células que mecanizan siempre la misma familia de piezas.





• Introducción

- > Objetivo 1: Producción por lotes
- > Objetivo 2: Integración de las Funciones de Diseño y Fabricación de la empresa
- > Respuesta: TECNOLOGÍA DE GRUPOS (TG)

◆ "La Tecnología de Grupos es una filosofía de fabricación en que se identifican y agrupan partes (componentes o piezas) similares en Familias de partes y equipos de producción en Grupos de máquinas, o Células."

- Cada Familia posee características similares, con lo que el procesamiento (o mecanizado) de cada miembro de la familia es similar.
- Las Células facilitan el flujo de trabajo.



> Ventajas:

◆ Reducción del ciclo	30-70%
◆ Reducción del trabajo en curso	20-60%
◆ Reducción de tiempos de preparación	40-80%
◆ Reducción en recuperaciones y bajas	15-30%
◆ Reducción gasto en herramientas	10-20%
◆ Reducción de planos de diseño	5-10%





* Las funciones son universales, pero las TAREAS a llevar a cabo en cada función son diferentes para cada empresa.

* Cada empresa necesita un sistema UNICO de producción. Se necesitan:

- Sistemas echos a medida
- No sistemas "prefabricados"

* Esto es cada vez más posible debido a:

- Los sistemas de producción están más estandarizados
- Los ordenadores tienen más prestaciones



* Familias de Partes o Piezas

> ¿Cómo definir las Familias de piezas?

> Familias de diseño:

◄ Piezas con similares características en su Diseño.

- Físicos: forma, tamaño, material.
- Funcionales: atendiendo a la función que desempeñan (ejes, engranajes cónicos, etc.).

◄ Ventajas:

- Reducción de variedades y la estandarización o normalización.

◄ Inconvenientes:

- Las piezas de una misma familia pueden NO fabricarse de forma eficiente en un solo grupo de máquinas.

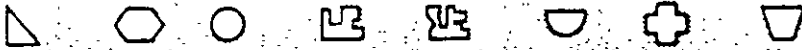
> Familias de producción:

◄ Piezas con similares características en los procedimientos de Fabricación



> Familias de Producción:

- ◊ Familias de Línea: piezas que podrán fabricarse en un mismo grupo de máquinas en la misma secuencia.
- ◊ Familias de Grupos: piezas que podrán fabricarse en un mismo grupo de máquinas, sin importar el orden o secuencia de paso.
 - Una Familia de Grupo podrá convertirse en una o varias Familias de Línea
- ◊ Familias por Utilaje: piezas que podrán fabricarse todas ellas en un mismo puesto de trabajo y con el mismo utillaje.
 - Pueden existir tanto en familias de líneas como en las de grupo.
- ◊ Piezas compuestas: son piezas que incorporan a un tiempo todas las características de una familia de diseño y las de una familia de producción.



Es un conjunto de "elementos" con todas sus facilidades, incluso recayentes en su area reservada, que mantienen una "relación" entre ellos, llegando a compartir incluso recursos y procedimientos.



* Grupos de Máquinas Celulas

- > Máquinas únicas o monogrupos
 - ◊ Se utilizan para familias de piezas que pueden mecanizarse completamente en un solo tipo de máquinas estándar.
- > Grupos mixtos o grupos de máquinas
 - ◊ En sentido amplio, un grupo de máquinas abarca a un conjunto de máquinas asociadas a una determinada Familia de piezas.
- > Líneas de lote
 - ◊ Son grupos de máquinas asociadas a la fabricación de Familias de Línea.
- > Núcleos de mecanizado o máquinas múltiples
 - ◊ Son máquinas especialmente compuestas, diseñadas para llevar a cabo una serie de procesos diferentes sobre una pieza o Familia de piezas.



* Metodologías para la Identificación de Familias de Partes y Grupos de Máquinas

- > La inspección visual
 - ◊ Clasificación ocular de las piezas o de sus fotografías.
- > La clasificación y codificación
 - ◊ Mediante el examen de los atributos individuales de diseño y/o fabricación de cada parte.
 - ◊ Código numérico que identifica los atributos de las partes.
- > El Análisis del Flujo de Producción (PFA)
 - ◊ A partir de las Hojas de Ruta. Las piezas a mecanizar con rutas similares o idénticas se clasifican en familias de partes.
- > La metodología TGIP
 - ◊ A partir de las Hojas de Ruta, Especificaciones Técnicas y Económicas de las máquinas, y otros datos
 - ◊ Considera la demanda de cada uno de los ítems a fabricar como un parámetro fundamental.



• Clasificación y codificación

> Codificación en Diseño

- ◆ Un simple cambio en alguna pieza ya existente exige mucho menos tiempo que el diseño desde el principio.

> Codificación en Fabricación

- ◆ En fabricación, el Esquema de Codificación puede formar parte del Sistema Automatizado de Planificación de Procesos (C.A.P.P.).

> Beneficios:

- 1.- Facilita la formación de familias de partes y células de maquinaria.
- 2.- Rápida recuperación de diseños, dibujos y planos de fabricación.
- 3.- Reduce la duplicación del diseño.
- 4.- Suministra estadísticas fiables de las piezas trabajadas.
- 5.- Facilita estimaciones precisas sobre cargas de máquinas.
- 6.- Permite la racionalización de cambios de herramientas, reduce los tiempos de cambio de partida, y los tiempos totales de fabricación.
- 7.- Conduce a la racionalización y mejora del diseño de herramientas.



> Beneficios:

- 8.- Ayuda a la planificación de la producción y a la programación de procesos.
- 9.- Mejora la estimación de costes y facilita los procedimientos de contabilidad de costes.
- 10.- Suministra una mejor utilización de la maquinaria-herramienta y un mejor uso de las herramientas, instalaciones y recursos.
- 11.- Facilita la programación de las máquinas de control numérico que han de mecanizar las partes.

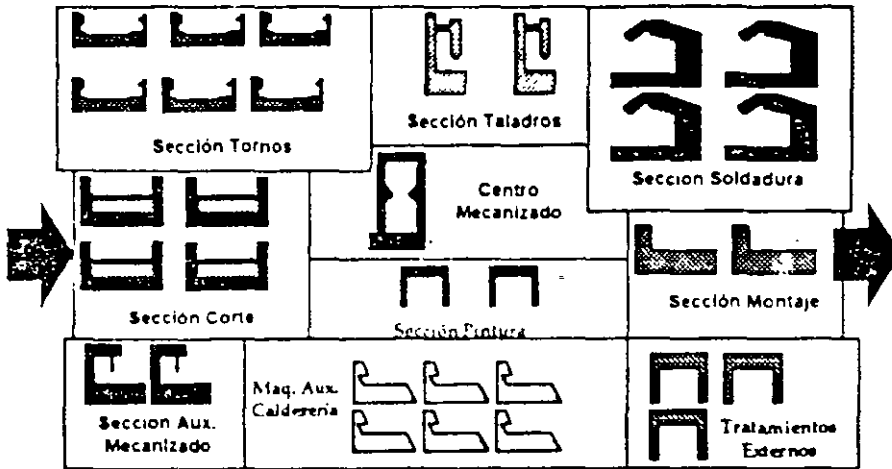
Atributos del diseño de partes:

- Forma externa básica.
- Forma interna básica.
- Ratio longitud/diámetro.
- Función de la parte.
- Dimensión mayor.
- Dimensión menor.
- Tolerancias.
- Acabado de las superficies.

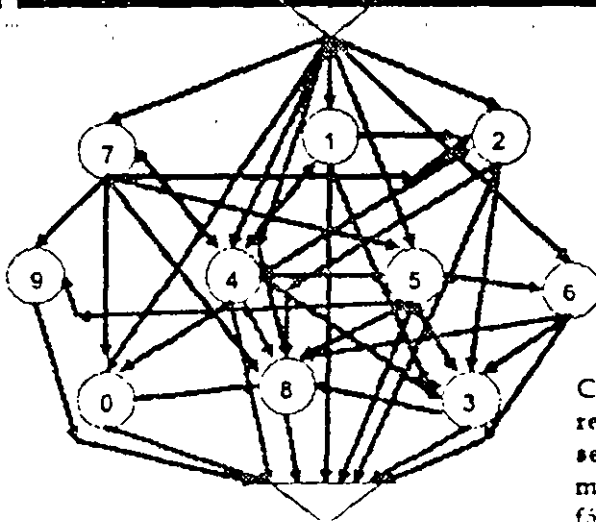
Atributos de la fabricación de partes:

- Proceso principal.
- Operaciones menores.
- Operaciones mayores.
- Ratio longitud/diámetro.
- Acabado de superficies.
- Máquina herramienta.
- Secuencia de operaciones.
- Tiempo de producción.
- Tamaño de lote.
- Producción anual.
- Instalaciones exigidas.
- Herramientas de corte.

P560867CDS234AB



Modelo de Planificación Jerárquica basado en TG y utilización de Simulación CICYTAP92-0543



Cada vértice representa una sección de maquinaria en fábrica.

Modelo de Planificación Jerárquica basado en TG y utilización de Simulación CICYTAP92-0543

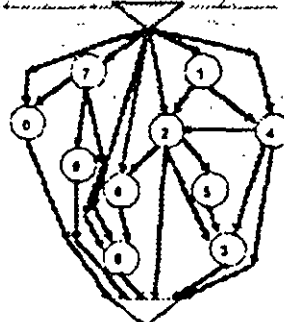
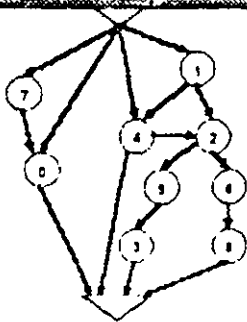


• La modelización debe ser útil para:

- > Diseño de la distribución en planta
- > Diseño y gestión del sistema de planificación y control de operaciones

• Obteniendo para cada nivel de información:

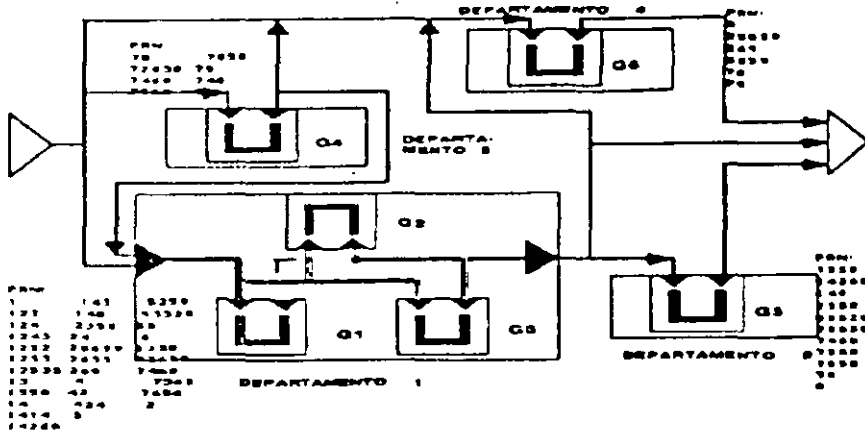
- > Lista de piezas o partes que se realizan
- > Lista de máquinas instaladas



PRN	CTD	PRN	CTD	PRN	CTD	PRN	CTD	PRN	CTD	PRN	CTD
0	7	1257	3	143	7	248	1	53725	1	74684	1
06	1	12537	1	148	1	4	5	5644	1	748	2
1	2	33	1	2	2	42	1	6	2	7548	1
123	1	1354	1	23585	1	434	1	6236	1	78	2
124	1	14	11	24	1	479	1	78	4	79	2
1243	1	1414	1	25679	1	5	2	724638	1	8	1
127	1	1424	3	2435	1	5259	1	7458	1		

GIP

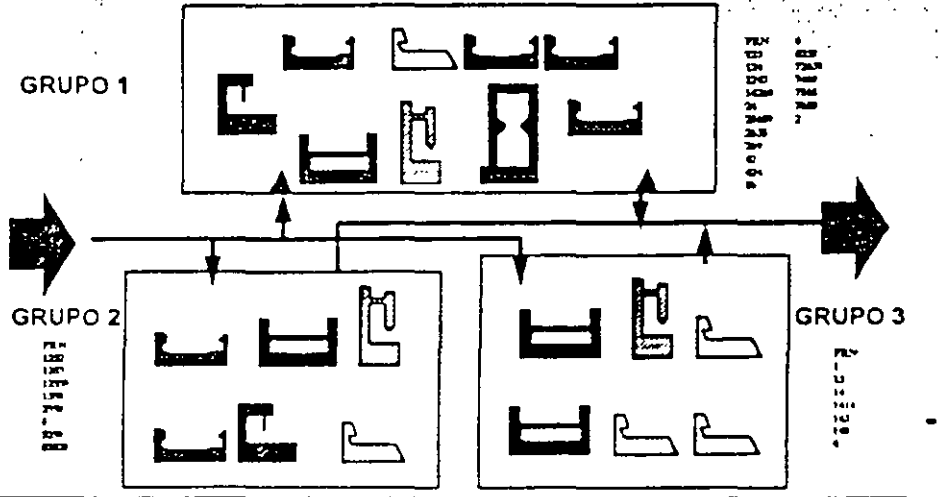
REPRESENTACIÓN DEL FLUJO DE PLANTA



Modelo de Planificación Jerárquica basado en TG y utilización de Simulación CICYTTAP92-0543

GIP

REPRESENTACIÓN DEL DEPARTAMENTO 1



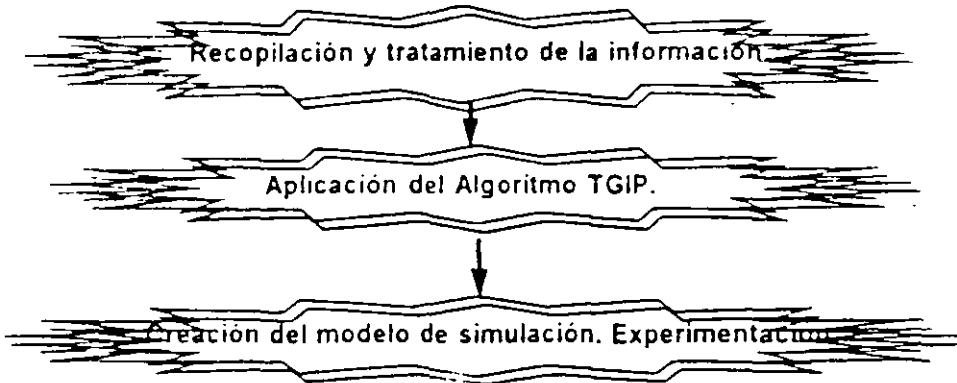
Modelo de Planificación Jerárquica basado en TG y utilización de Simulación CICYTTAP92-0543

GIP

Visión general del algoritmo TGIP.



¿Como aplicar la metodología TGIP?



Metodología TGIP

CICYT TAPB1-0343

GIP

Recopilación y tratamiento de la información



- * Captación y recopilación de los datos de entrada.
- * Tratamiento de la información.
- * Filtrado de los datos.



Metodología TGIP

CICYT TAPB1-0343



• La metodología TGIP

➤ La metodología TGIP, plantea unos Algoritmos de Clasificación implementados en programas informáticos, con el fin de conseguir la agrupación de piezas en Familias de Piezas y de las máquinas en Grupos de máquinas, siguiendo unos objetivos de optimización.

➤ FASE 1:

- ◊ Concepto: Algoritmo de Clasificación de las n-piezas a producir
- ◊ Objetivo: Subdivisión de las n-piezas en p-conjuntos (Familias de Piezas)
- ◊ Minimizar: la distancia pesada de las p-familias, así se logrará la agrupación de piezas cuyo proceso de fabricación sea similar.



➤ FASE 2:

- ◊ Concepto: Agrupación de las m-operaciones en p-conjuntos, (Grupos de Operaciones)
- ◊ Objetivo: obtención de p-Grupos Independientes de piezas y operaciones.
- ◊ Minimizar: el número de operaciones necesarias para el acabado de una pieza fuera de su grupo.
- ◊ Datos de partida: las p-Familias de Piezas obtenidas mediante el algoritmo de la primera fase.

➤ FASE 3:

- ◊ Concepto: cada operación básica puede ser ejecutada por una o varias máquinas (no existe relación biunívoca entre operaciones y máquinas).
- ◊ Objetivo: asignar las operaciones a las máquinas.
- ◊ Optimizando: la asignación desde el punto de vista de la eficiencia y la rentabilidad de las máquinas.

GIP

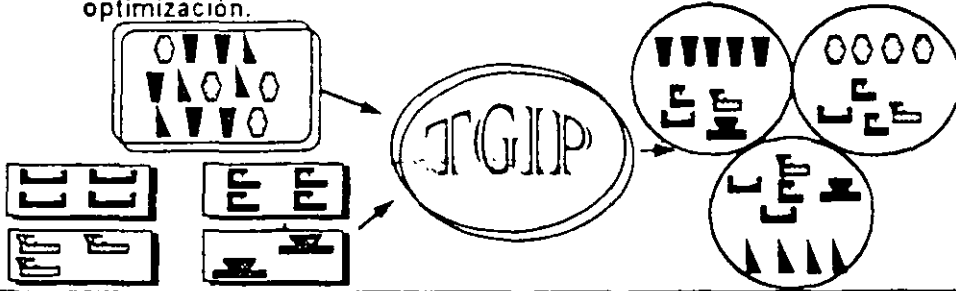
TGIP

Metodología para la aplicación de la TG



• La metodología TGIP

➤ La metodología TGIP , plantea unos Algoritmos de Clasificación implementados en programas informáticos, con el fin de conseguir la agrupación de piezas en Familias de Piezas y de las máquinas en Grupos de máquinas, siguiendo unos objetivos de optimización.

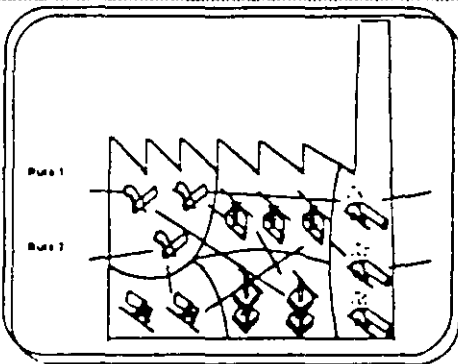


Metodología TGIP

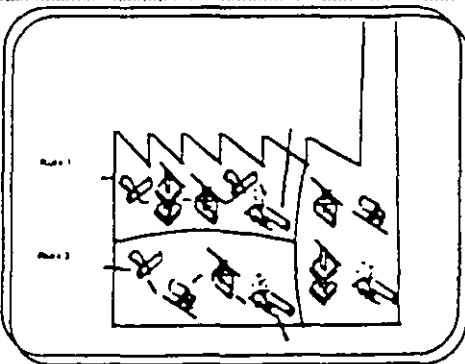
CICYT TAPES 0243

GIP

Tecnología de Grupos
(TG)



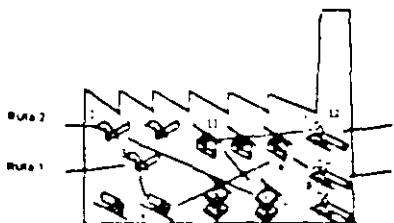
Distribución
funcional



Distribución
mediante TG

Metodología TGIP

CICYT TAPES 0243



> Elevada cantidad de datos que hay que localizar, estudiar y sistematizar.

- ◆ Codificación. Identificación de gran cantidad de piezas similares
- ◆ Planteamiento de muchas agrupaciones de máquinas en células
- ◆ Comparación de miles de planos de piezas, utillajes, herramientas.
- ◆ Realización de centenares de diagramas de recorrido y tanteo de saturaciones

Comp	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
Oper	O1 O5 O8	O2 O7 O11 O12	O3 O13	O4 O6 O8 O14	O1 O11 O12 O13	O5 O5 O14	O4 O4 O11 O13	O1 O11 O15	O4 O10	O2 O5	O1 O15	O1 O13 O13	O9 O10	O4 O10	O7 O11 O12



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															

Matriz básica de Operaciones (O)
y componentes (C)
15 O x 15 C

¿Cuántas veces se han de repetir estos pasos?



1ª SIMPLIFICACIÓN

Máquina con Asignación Única y Pieza Simple



2ª SIMPLIFICACIÓN

Máquinas con Asignación Única y Piezas Complejas



3ª SIMPLIFICACIÓN

Máquinas con Múltiples Asignaciones y Pieza Simple



- Coeficiente de agrupación

- Definición: es la forma de controlar la composición de los grupos.
- Coeficiente de agrupación elevado implica grupos compactos
- Coeficiente de agrupación bajo implica grupos dispersos
- Hay que establecer el valor del coeficiente de agrupación para:
 - ◀ Asegurar la convergencia del algoritmo
 - ◀ Minimizar el transporte de piezas fuera del grupo al cual está asignada.

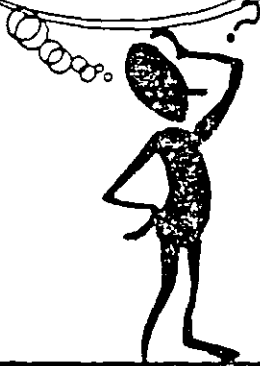
- Número de grupos deseado.

- Establece el número máximo de grupos que deseamos.

- Tiempo disponible para ejecutar el Plan.



¿Qué necesitamos?



- Hoja de ruta:
 - Tiempos de preparación
 - Tiempos de ciclo
 - Secuencia de operaciones
- Lista de materiales
 - Características técnicas de las máquinas
- Máquinas múltiples
 - Características técnicas de las máquinas
- Demanda
- Tiempo disponible



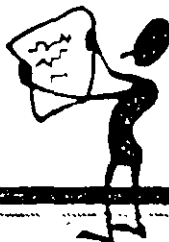
o Bases de datos relacionales utilizados por SITG

- Listas de Materiales
- Hojas de ruta
- Características de máquinas
- Plan Maestro

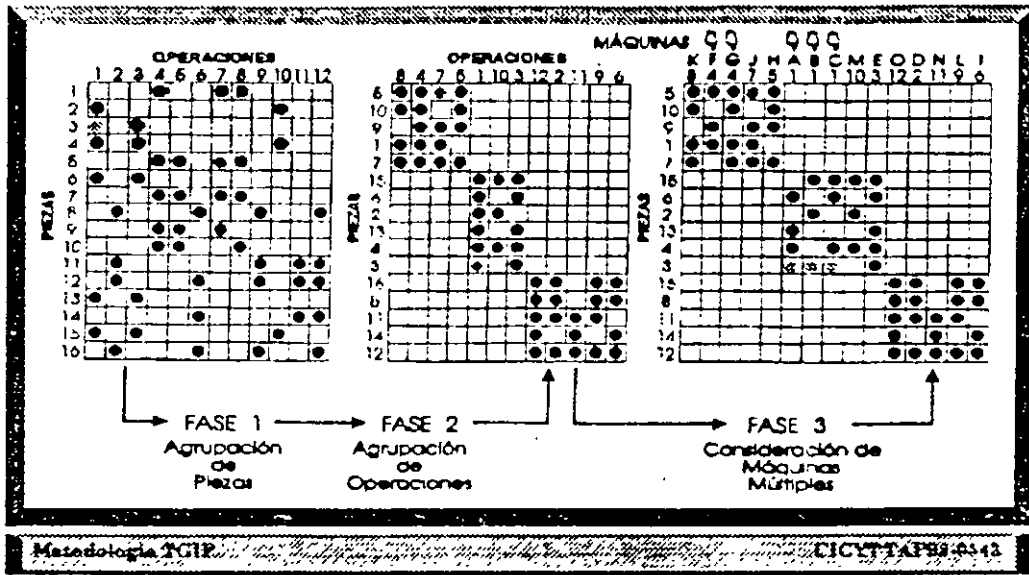
PIEZAS
PIEZA-COD.
HIJO-COD.
CANTIDAD
PLAN MAESTRO
PIEZA-COD
LOTE
EXPLOSION

H. RUTA
PIEZA-COD
MAQ-COD.
T. SETUP
T PROCESO

MAQUINAS
MAQ-COD.
EFICIENCIA
COEF ECON
MAQ-CANT.
PENDIENTES



Es necesario organizar todo esto

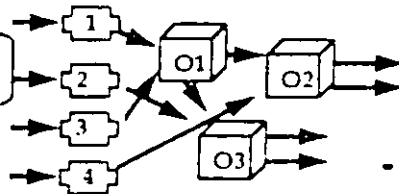


- Objetivo: Obtener agrupación inicial de piezas en familias.
- Información necesaria:

- Tamaño de lote a producir para cada pieza: μ_i
- Proceso u hojas de ruta.
- Número de grupos aproximado que se pretende obtener (p).

El número de grupos podrá ser igual o inferior a p después de la 1ª fase

Ejemplo: 4 piezas y 3 operaciones se desea dividir en dos grupos





	O_1	O_2	O_3	← Operaciones
P_1	1	1	0	μ_1
P_2	0	0	1	μ_2
P_3	1	0	1	μ_3
P_4	0	1	0	μ_4

Piezas
(A representar)

Cantidad a producir

Metodología TGIP CICYTAPR-8543



Estas P familias iniciales se obtienen en función de las hojas de ruta y de μ_i

1	1	0
0	1	0

→

0	0	1
1	0	1

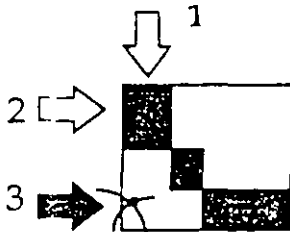
El algoritmo puede declarar vacías alguna familia P_0 de las inicialmente sugeridas

Metodología TGIP CICYTAPR-8543



• Objetivo: Agrupar las m operaciones en P conjuntos

- A cada grupo de operaciones le corresponde una única familia de piezas(1)
- A cada familia de piezas le corresponde un único grupo de operaciones(2)
- Minimizar las operaciones que recibe una pieza fuera de su grupo (3)



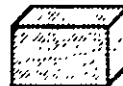
El número de grupos en los que se dividen las máquinas coinciden con los obtenidos de la fase 1



Minimizar las operaciones que recibe una pieza fuera de su grupo

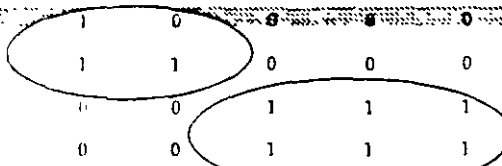


Las sub-matrices deben de contener al máximo de 1 en su interior



Fuera de las sub-matrices deben de haber el máximo de 0

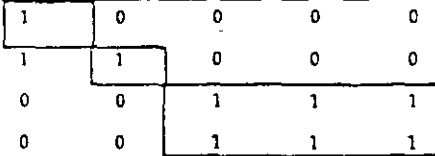
Atención,
no son criterios equivalentes



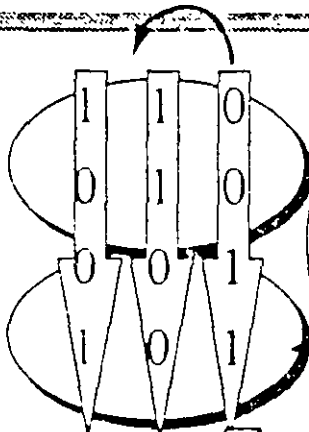
Las sub-matrices deben de
contener el máximo de 1
en su interior



Fuera de las sub-matrices
deben de haber el máximo de 0



Solucion: Criterio δ Maximizar δ $+(1-\delta)$

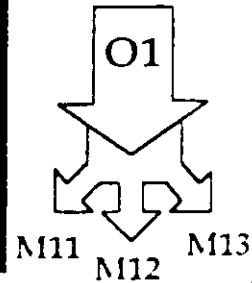
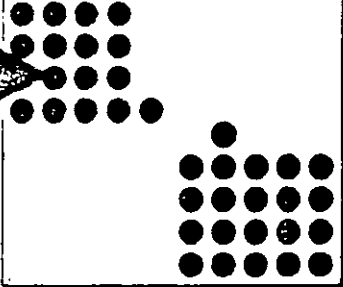
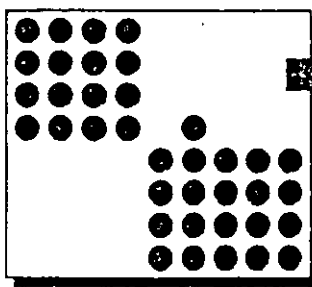


• El algoritmo identifica
las operaciones que
maximizan el criterio y
se la signa al grupo
• Este proceso se repite
alternadamente tanto
para las columnas como
para las filas

Agrupación final
piezas-operaciones



δ $+(1-\delta)$ δ $+(1-\delta)$

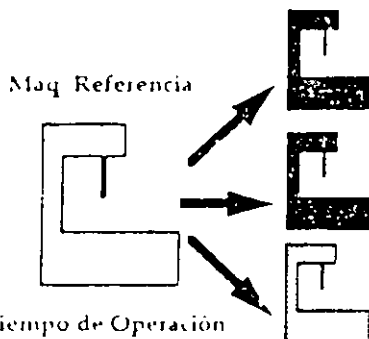


Una operación puede ser realizada por varias máquinas

- Tiempo de operación
- Eficiencia
- Periodo de trabajo
- Umbral mínimo de ocupación



Periodo de trabajo: Restricción a la utilización de máquinas que signifiquen un incumplimiento del mismo

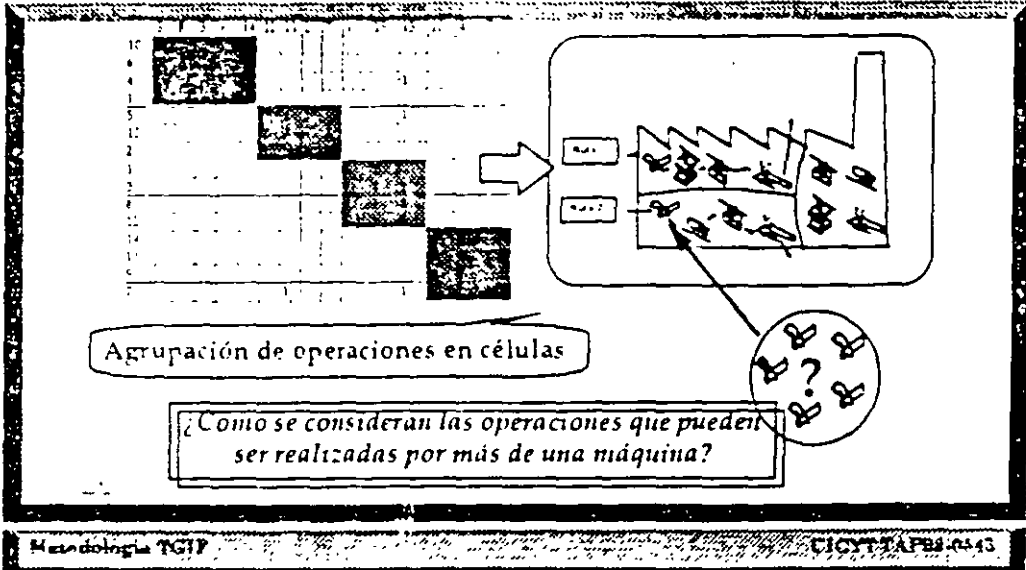


Para cada máquina se determina su eficiencia respecto a la máquina de referencia y su umbral de rentabilidad

El algoritmo asigna primero las máquinas más eficientes y que sobrepasen su umbral de rentabilidad

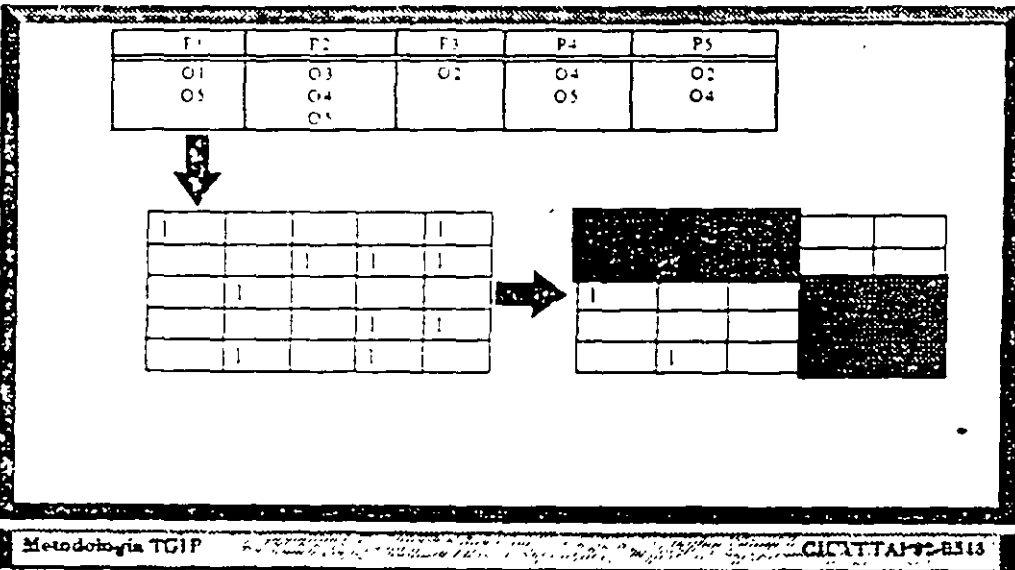
GIP

Necesidad del algoritmo TGIP (y III)



GIP

Ejemplo de diseño de un sistema mediante TG



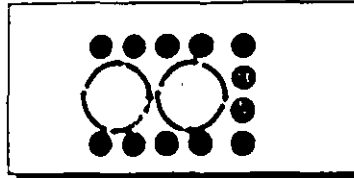


- Generación automática de código WITNESS.

- Simulación.

- Diseño intercelular.

- ◊ Células de máquinas con manejo manual



- ◊ Células de máquinas con manejo semi integrado
 - ◊ Sistemas de Fabricación Flexible

- Diseño de experiencias con el modelo.



- Implantación en la empresa.

- Implantación parcial. Probar la distribución celular. (Muchas excepciones).
 - Células piloto.
 - ◊ Pruebas
 - ◊ Células automatizadas
 - Nivel de implantación total.

- Gestión del sistema diseñado mediante TGIP.

- Es posible utilizar el paquete TGIP para realizar un seguimiento y control de un sistema diseñado mediante TG.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN INGENIERIA DE PRODUCCION


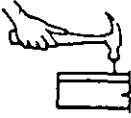




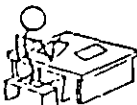





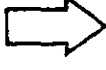




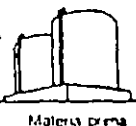
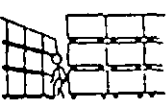









MODULO I: DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCION

TEMA

EJEMPLO

**EXPOSITOR: M. EN I. MA. DE LOURDES ARELLANO BOLIO
PALACIO DE MINERIA
SEPTIEMBRE DEL 2000**

FIGURA 3-3
Ejemplos de símbolos para diagramas de proceso.

<p>OPERACIÓN</p>  <p>Un círculo grande indica una operación como →</p>	 <p>Clavar</p>	 <p>Mezclar</p>	 <p>Taladrar</p>
 <p>Operación de trámite para crear un registro o conjunto de informes →</p>	 <p>Mecanografiar cartas</p>	 <p>Hacer órdenes de reparación</p>	 <p>Iniciar registro de herramientas en mal estado</p>
 <p>Operación de trámite para agregar información a un registro →</p>	 <p>Registrar la cuenta de piezas</p>	 <p>Actualizar los saldos de almacén</p>	 <p>Registrar el programa de control de producción</p>
<p>TRANSPORTE</p>  <p>Una flecha indica un transporte o traslado como →</p>	 <p>Mover material con un carro</p>	 <p>Mover material mediante un transportador</p>	 <p>Mover material trasladándolo sin ayuda alguna (por mano o mecánico)</p>
<p>ALMACENAMIENTO</p>  <p>Un triángulo indica un almacenamiento como →</p>	 <p>Materia prima almacenada a granel</p>	 <p>Productos terminados apilados sobre tarimas</p>	 <p>Documentos en muebles de archivo especiales</p>
<p>RETRASO O DEMORA</p>  <p>Un símbolo grande en forma de 'D' indica una demora o retraso como →</p>	 <p>Espera ante el elevador o ascensor</p>	 <p>Material colocado en un carro o sobre el piso al lado de un banco de trabajo en espera de ser procesado</p>	 <p>Papeles en espera de ser archivados</p>
<p>INSPECCIÓN</p>  <p>Un cuadro indica una inspección como →</p>	 <p>Examen de material según calidad o cantidad</p>	 <p>Observar el manómetro de una caldera</p>	 <p>Leer información impresa para obtener datos</p>

Ejemplo 3.3 Diagrama de un proceso de operación típico
Método actual

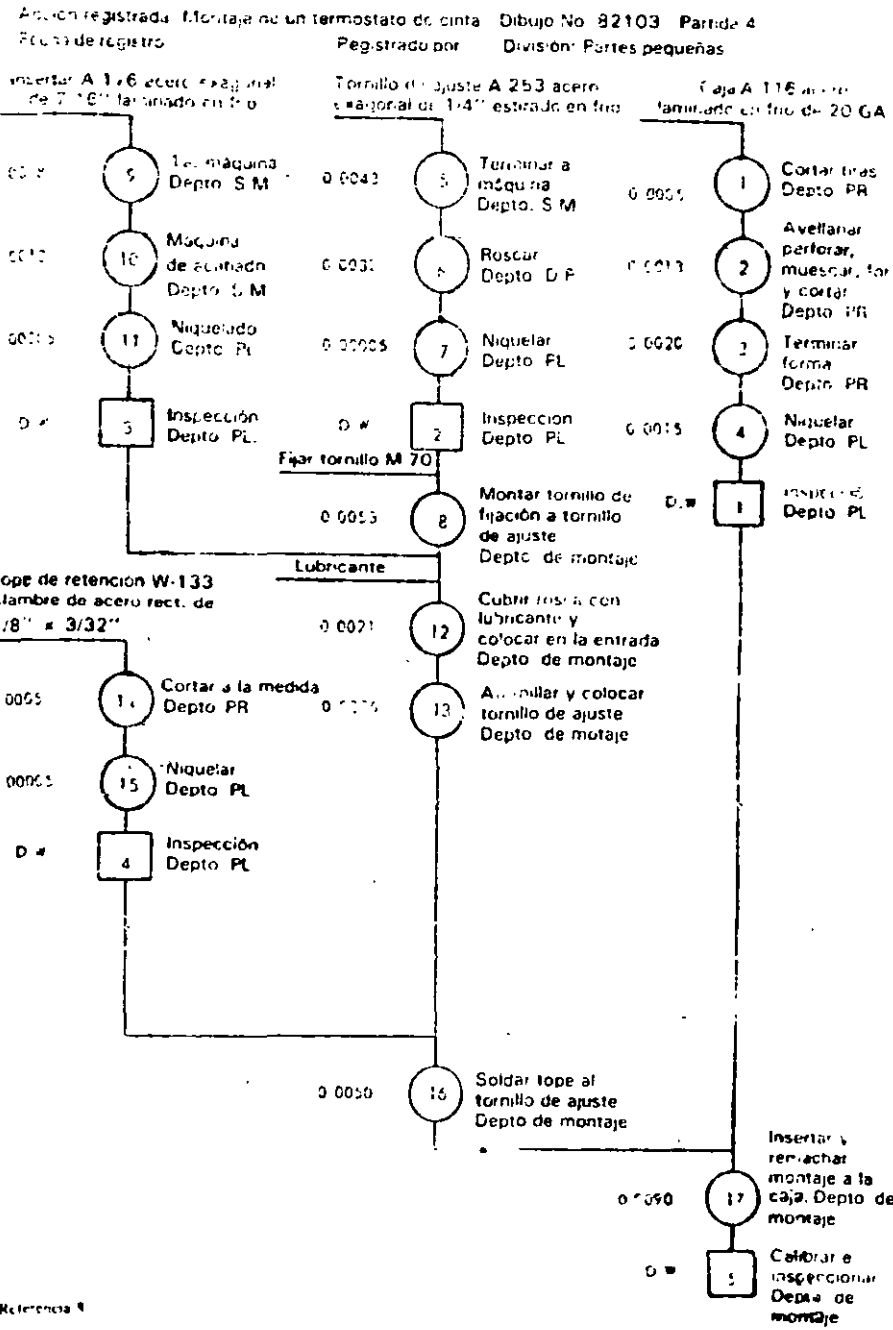
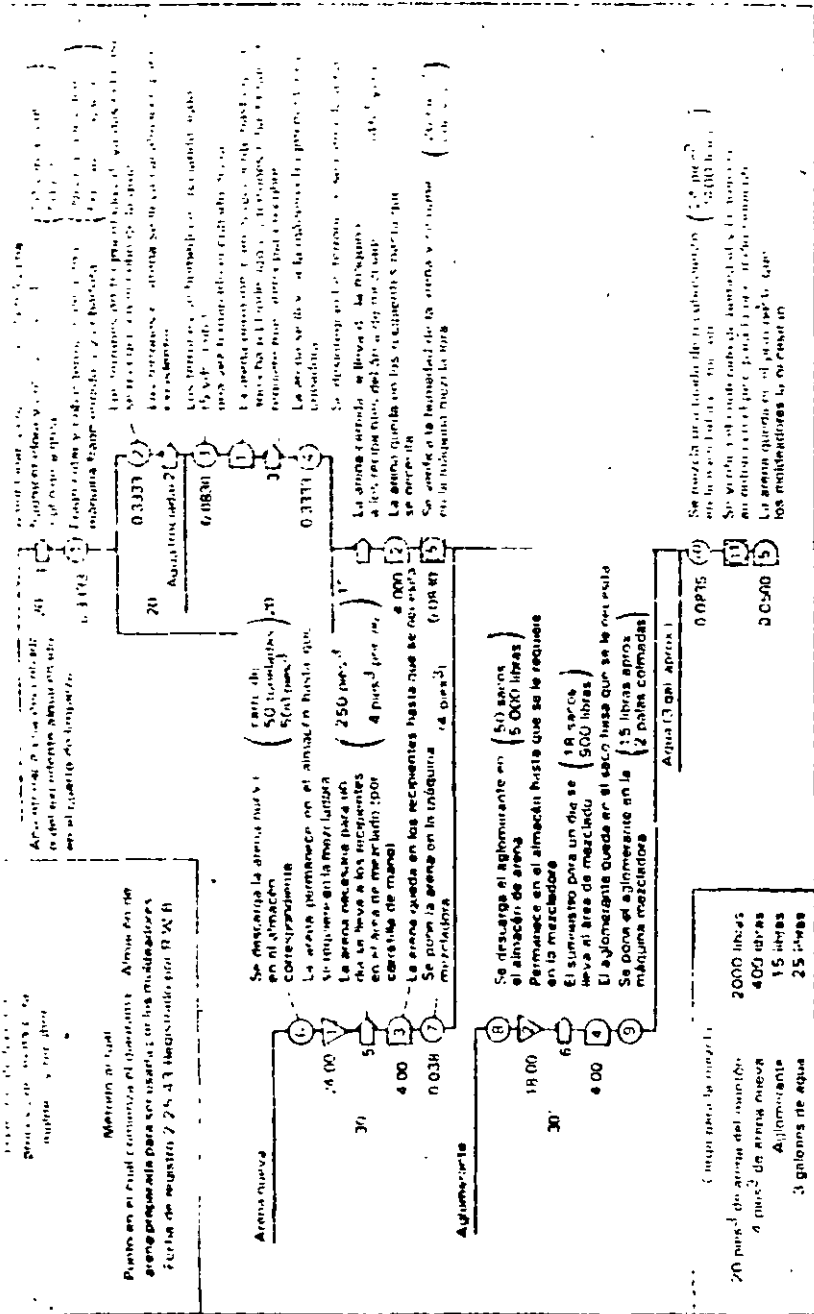


FIGURA 13. - CURSOGRAMA ANALITICO BASADO EN EL MATERIAL:
 DESMONTAJE, LIMPIEZA Y DESENGRASE DE UN MOTOR
 (Método original)

CURSOGRAMA ANALITICO		OPERARIO/MATERIAL/EQUIPO							
DIAGRAMA num. 1		HOJA num. 1		R E S U M E N					
Objeto: <i>Motores de autobus usados</i>		ACTIVIDAD		ACTUAL	PROPUESTA ECONOMIA				
ACTIVIDAD: <i>Desmontar, limpiar y desengrasar antes de la inspección</i>		OPERACION		4					
METODO. ACTUAL/PROPUESTO		TRANSPORTE		21					
LUGAR: <i>Taller de desengrasado</i>		ESPERA		3					
OPERARIO(S): A.B. FICHA num. 1234		INSPECCION		1					
C.D. 571		ALMACENAMIENTO		1					
COMPUESTO POR: R. Gutiérrez y J. Soto		DISTANCIA (metros)		237,5					
APROBADO POR: L.M.B. FECHA: 11-11-55		TIEMPO (min.-hombre)		—					
		COSTO		—					
		MANO DE OBRA		—					
		MATERIAL		—					
		TOTAL ...		—					
DESCRIPCION	CAN-TI-DAD	DIS-TAN-CIA (m)	TIEM-PO (min.)	SIMBOLO					OBSERVACIONES
				○	◁	◻	◼	▽	
<i>En almacén de motores usados</i>	1	—	—						
<i>Motor recogido</i>									<i>Con grua eléctrica</i>
<i>Transportado hasta grua siguiente</i>		24							<i>Con grua eléctrica</i>
<i>Descargado en tierra</i>									
<i>Recogido</i>									<i>Con grua eléctrica</i>
<i>Transportado hasta taller de desmontaje</i>		30							<i>Con grua eléctrica</i>
<i>Descargado en tierra</i>									
<i>Desmontado</i>									
<i>Piezas principales limpiadas y extendidas</i>									
<i>Inspeccionado estado de las piezas. consignar lo observado</i>									
<i>Piezas llevadas a maquina de desengrasado</i>		3							
<i>Cargadas para llevar a desengrasar</i>									
<i>Transportadas hasta desengrasadora</i>		1,5							<i>Con grua de mano</i>
<i>Descargadas en desengrasadora</i>									
<i>Desengrasadas</i>									
<i>Sacadas de desengrasadora</i>									<i>Con grua de mano</i>
<i>Transportadas desde desengrasadora</i>		6							<i>Con grua de mano</i>
<i>Descargadas en tierra</i>									
<i>Dejadas enfriar</i>									
<i>Transportadas hasta bancos de limpieza</i>		12							<i>A mano</i>
<i>Limpiadas a fondo</i>									
<i>Colocadas ya limpias en una caja</i>		9							<i>A mano</i>
<i>Esperar transporte</i>									
<i>Cargadas en un carrillo todas las piezas salvo bloque y culatas de cilindros</i>									
<i>Transportadas hasta departamento de inspección de motores</i>		76							<i>En carrillo</i>
<i>Descargadas y extendidas en mesa de inspección</i>									
<i>Bloque y culatas de cilindros cargados en carrillo</i>									
<i>Transportados hasta departamento de inspección de motores</i>		76							<i>En carrillo</i>
<i>Descargados en tierra</i>									
<i>Depositados provisionalmente en espera de inspección</i>									
TOTAL ...		237,5		4	21	3	1	1	

Figura 28. Cursograma analítico basado en el material: desmontaje, limpieza y desengrase de un motor (método perfeccionado)

CURSOGRAMA ANALITICO		OPERARIOS/MATERIAL/EQUIPO			
DIAGRAMA núm 2 HOJA núm 1		R E S U M E N			
Objeto: <i>Motores de autobús usados</i>		ACTIVIDAD	ACTUAL	PROPUESTA	ECONOMIA
ACTIVIDAD: <i>Desmontar, desengrasar y limpiar antes de la inspección</i>		OPERACION <input type="checkbox"/>	4	3	1
METODO ACTUAL/PROPUESTO		TRANSPORTE <input type="checkbox"/>	21	15	6
LUGAR <i>Taller de desengrase</i>		ESPEJA <input type="checkbox"/>	3	2	1
OPERARIOS: FICHA núm. 1234 571		INSPECCION <input type="checkbox"/>	1	-	1
COMPUERTO POR:		ALMACENAMIENTO <input type="checkbox"/>	1	1	1
APROBADO POR: FECHA:		DISTANCIA (metros)	238.5	150	86.5
		TIEMPO (min./hora)	-	-	-
		COSTO			
		MANO DE OBRA			
		MATERIAL			
		TOTAL	-	-	-

DESCRIPCION	CANTIDAD	DISTANCIA (m)	TIEMPO (min.)	SIMBOLO					OBSERVACIONES	
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Almacenamiento en local de motores usados		-	-							
Motor recogido										Grúa eléctrica monocarril
Transportado hasta taller de desmontaje		55								
Descargado										
Desmontado										
Transportado hasta jaula de desengrase		1								A mano
Colocado en jaula										Grúa
Transportado hasta desengrasadora		1.5								
Colocado en desengrasadora										
Desengrase										
Secado de desengrasadora										
Transportado desde desengrasadora		45								
Descargado en tierra										
Dejado en tierra										
Transportado hasta bancos de limpieza		6								
Limpieza de todas las piezas										
Recogidas todas las piezas en bandejas especiales		6								
Esporar transporte										
Bandejas y bloque de los cilindros cargados en un carrillo										
Transportados hasta el departamento de inspección de motores		76								En carrillo
Bandejas deslizadas hasta bancos de inspección y bloques hasta plataforma										
TOTAL...		150		3	15	2	-	1		

Puesto que el diagrama de flujo de proceso corresponde sólo a una pieza o artículo y no a un ensamble o conjunto, puede elaborarse un diagrama más nitidamente empezando en el centro de la parte superior del papel. Primero se traza una línea horizontal de material, sobre la cual se escribe el número de la pieza y su descrip-

FIGURA 3-4
Diagrama de curso de proceso.

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO							
OBJETO DEL DIAGRAMA		Cadena de rodadura (carga)		DIAGRAMA NO		1128	
DIBUJO NO		SA-14782		PARTE NO		B-14782-2	
EL DIAGRAMA EMPIEZA EN		Almacén de barras en existencia		ELABORADO POR		F. Dunnick	
EL DIAGRAMA TERMINA EN		Fondergía del departamento de ensamble		FECHA		9-7 HOJA 1 DE 2	
DIST EN PIES	UNID DE TIEMPO EN MIN	SIMBOLOS	DESCRIPCION DEL PROCESO	DIST EN PIES	UNID DE TIEMPO EN MIN	SIMBOLOS	PROCESO DE DESCRIPCION
		1	En Almacén de barras hasta que se haga requisición		60	6	Esperar al operador de la prensa
20	.02	2	Al recibir requisición se cargan las barras en carro	100		5	A la prensa Bliss 74 1/2 por el operario
600	.054	3	Varilla extrusionada a la sierra neumática # 72		.075	6	Hacer 6 agujeros por el operario
15	.02	4	Sacar las barras del carro y colocarlas en el tacho cerrado de la máquina		120	7	Esperar al operario de la taladradora
	120	5	Esperar que empiece la operación	50		6	A la taladradora por el operario
	.077	6	Amerinar con la sierra neumática		.334	7	Esperado hasta y soldado en Taladradora # 6, No. 18
	30	7	Esperar al encargado de llevar el material	30		8	Esperar al operario de la taladradora
70	.03	8	Material a la prensa No 8 (Nic. Mini-press)	20		7	A la taladradora Avery No. 21 por el operario
	15	9	Esperar la operación de forja		.152	8	Hacer tres agujeros de 1/16" en taladradora Avery No. 21
	294	10	Forjado (operación de 3 hombres) e inspección		20	9	Esperar al operario del torno revolver
	10	11	Esperar al operador de la prensa	60		8	A la sección de torno revolver por el operario
30		9	A la prensa por el operario		.522	9	Tornear vástago y cara en torno No. 6 No. 1
	.061	10	A la prensa Bliss 74 1/2 por el operario		60	10	Esperar al operario del torno revolver
	30	11	Esperar al operario del baño en ácido	30		9	Al operador de torno revolver contiguo
100		12	A los cinco de ácido por el operario		.648	10	Tornar diámetro externo y taladrado
	.007	13	Baño en ácido (tanque de HCl)		15	11	Esperar al operador de la prensa

FIGURA 3-4 (Concluye)

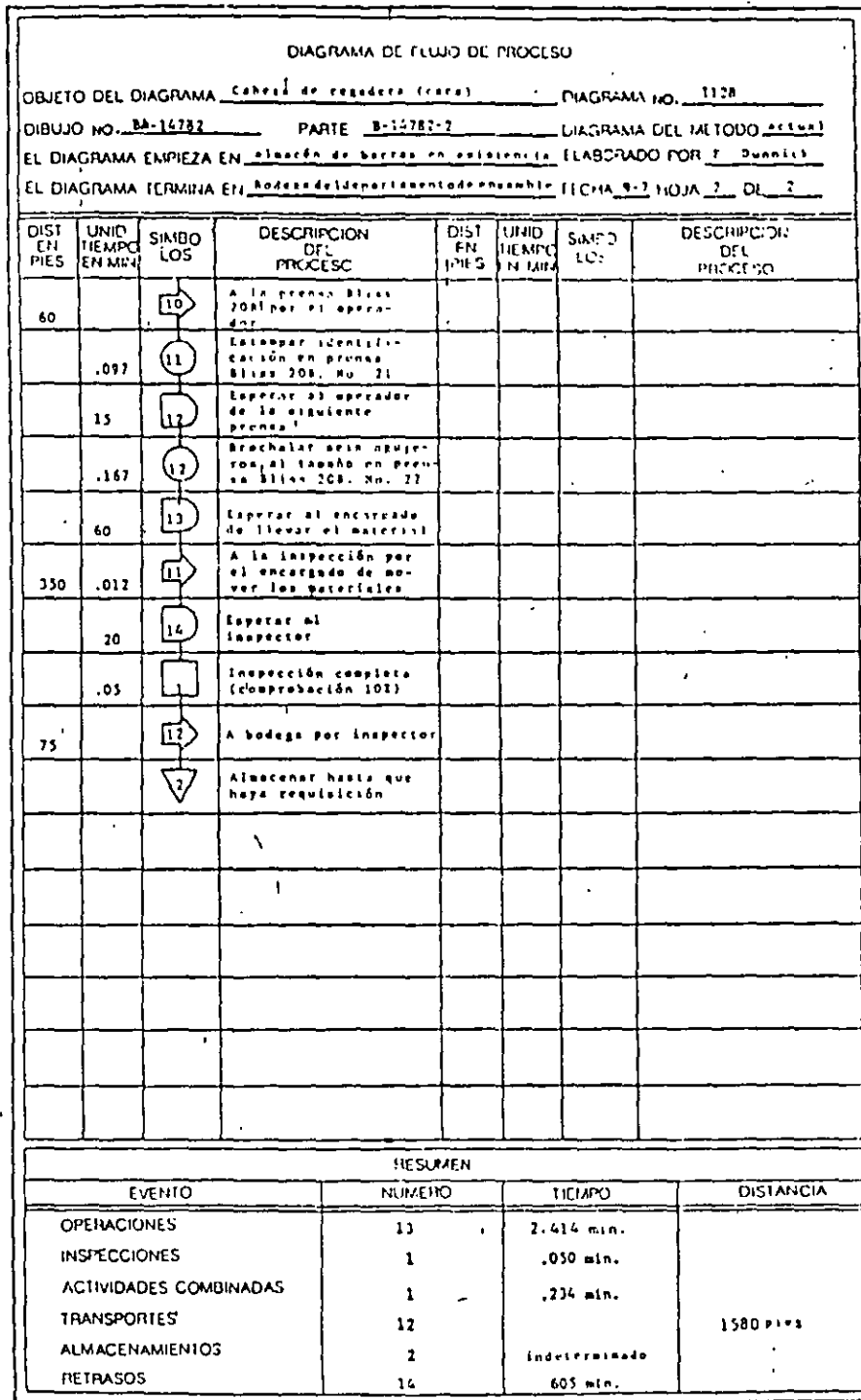


Figura 10. Diagrama de hilos: almacenamiento de baldosas (método original)

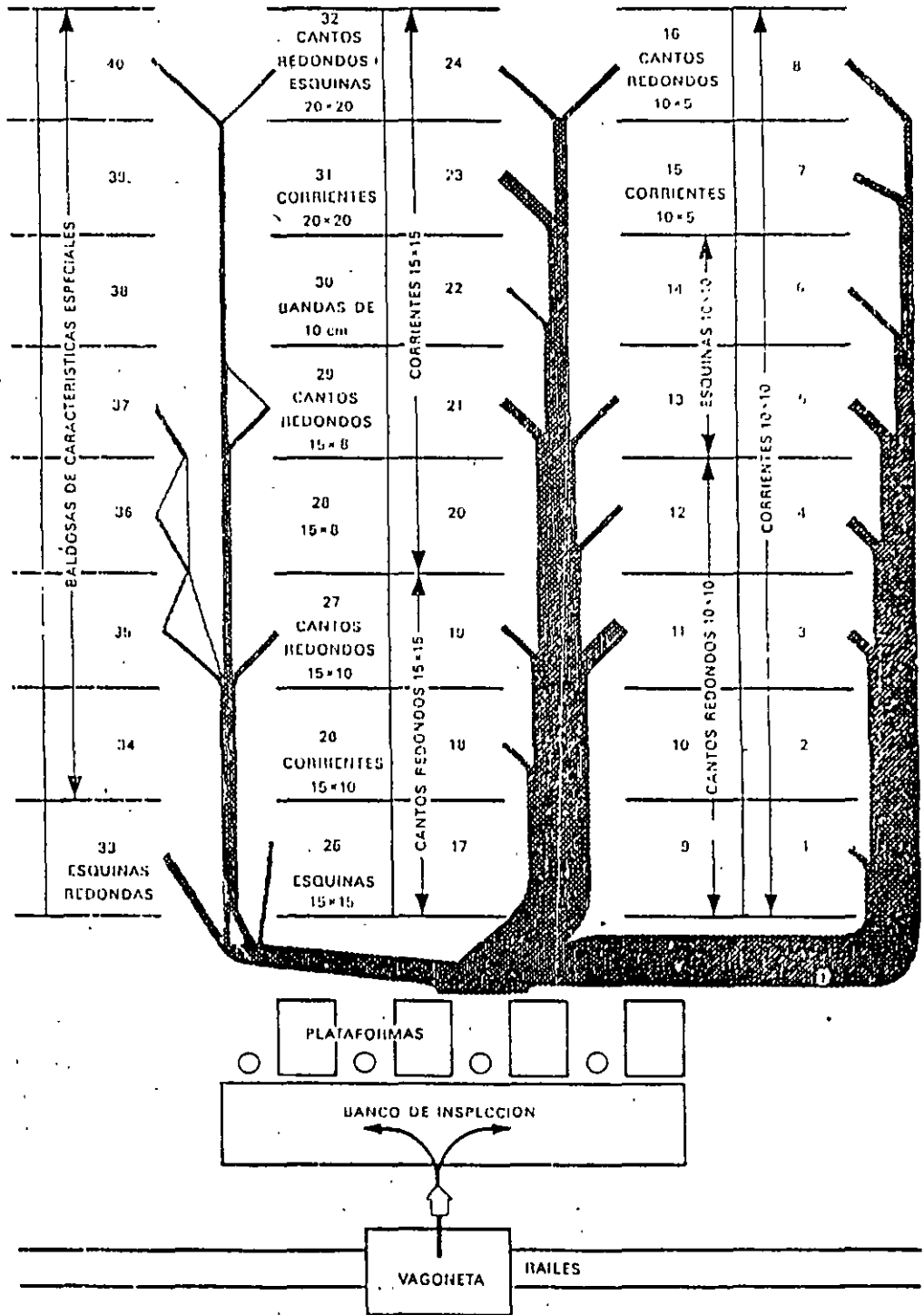


Figura 41. Diagrama de hilos: almacenamiento de baldosas (método perfeccionado)

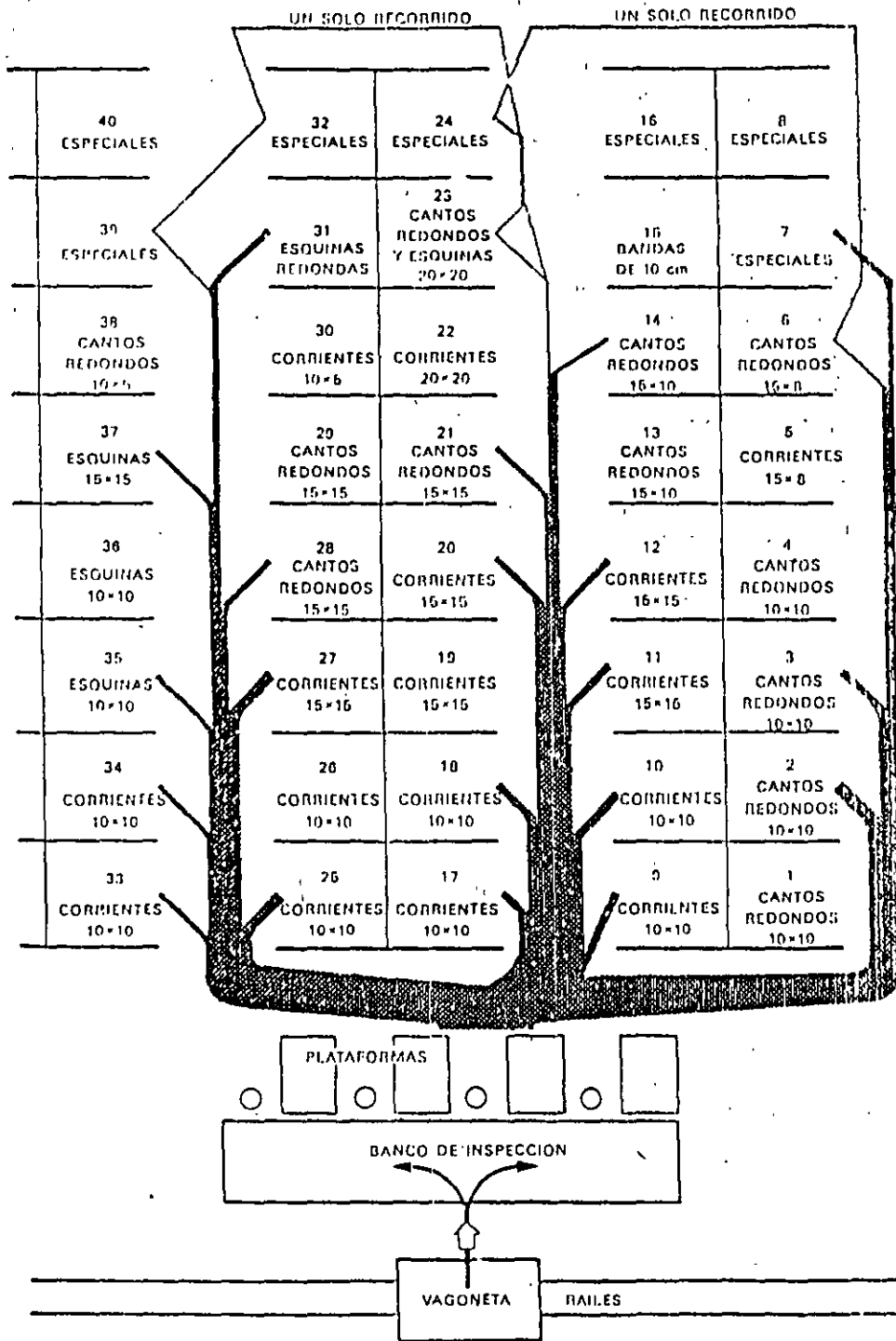


FIGURA 17 DIAGRAMA TRIDIMENSIONAL DE RECORRIDO

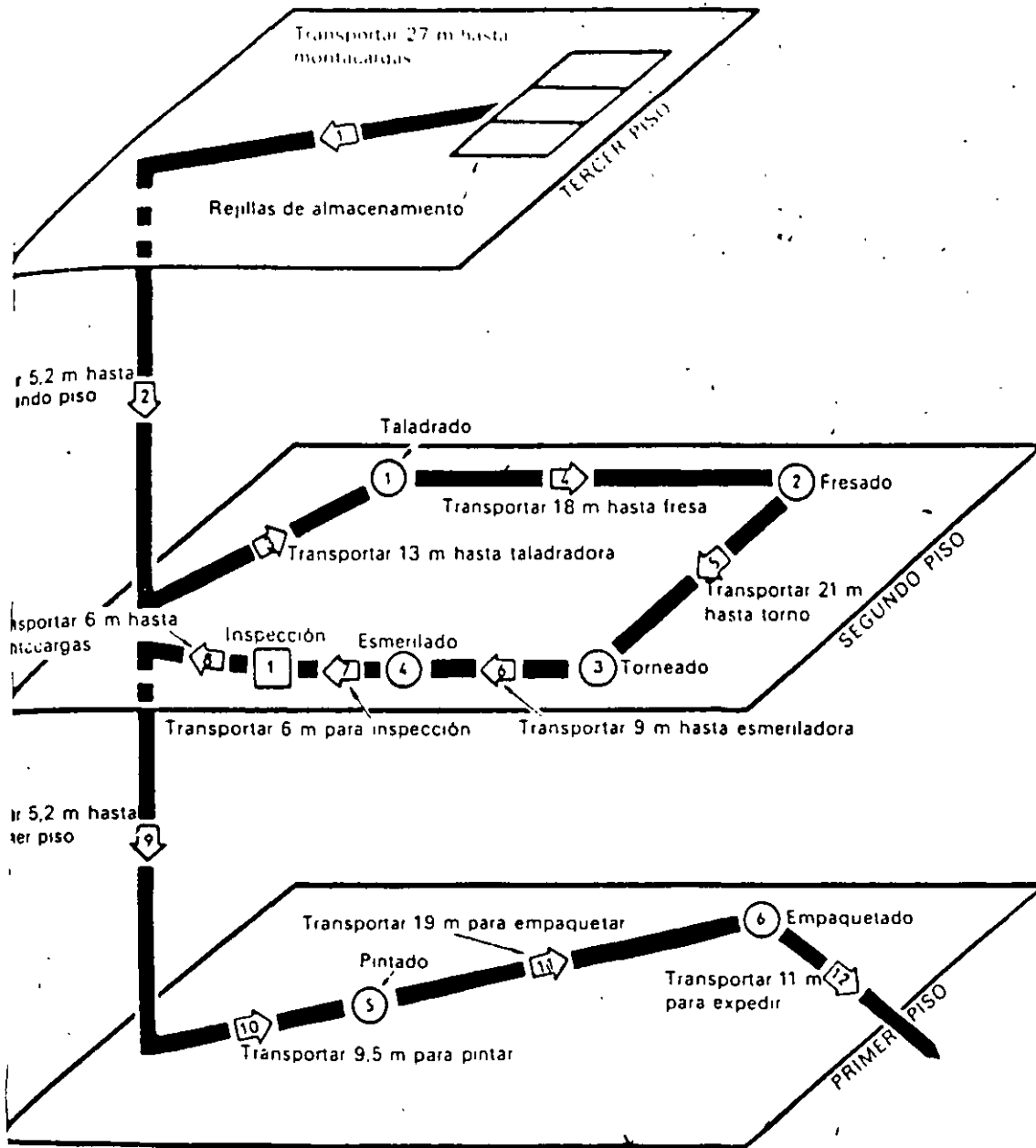
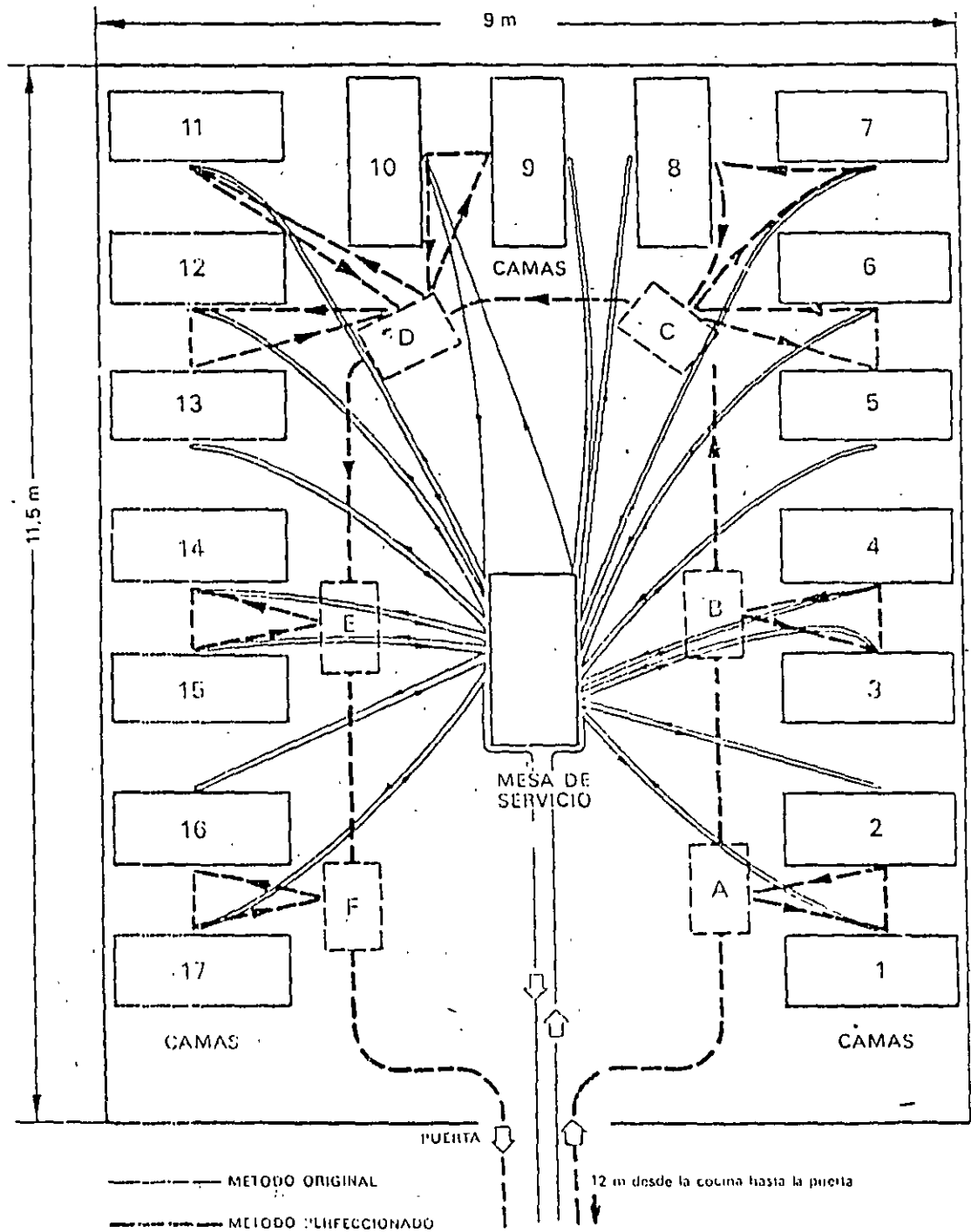


Figura 42. Diagrama de recorrido de una enfermera: cómo servir comidas en una sala de hospital



DESPLAZAMIENTO DE LOS TRABAJADORES EN LA ZONA DE TRABAJO

Figura 46. Diagrama de actividades múltiples para operario y máquina:
fresado de una pieza de hierro fundido (método original)

DIAGRAMA DE ACTIVIDADES MÚLTIPLES							
DIAGRAMA núm. B		HOJA núm. I		R E S U M E N			
PRODUCTO: Pieza de fundición B. 239		PLANO núm. B 239/1		TIEMPO DEL CICLO	ACTUAL (minutos)	PROPUESTO	ECONOMÍA
PROCESO: Fresado segunda cara				Operario	2.0		
				Máquina	2.0		
				TIEMPO DE TRABAJO			
				Operario	1.2		
				Máquina	0.8		
MAQUINA(S): Fresadora vertical Cincinnati núm. 4		VELOCIDAD 80 r/min.	AVANCE 38 cm/min.	TIEMPO INACTIVO			
				Operario	0.8		
				Máquina	1.2		
				UTILIZACIÓN			
OPERARIO:		FICHA núm. 1234		Operario	60%		
COMPUESTO POR:		FECHA:		Máquina	40%		
TIEMPO (minutos)	OPERARIO			MAQUINA		TIEMPO (minutos)	
0.2	Saca pieza terminada					0.2	
	Limpia con aire comprimido						
0.4	Calibra profundidad en placa					0.4	
0.6	Desbasta borde con lima				Inactiva	0.6	
	Limpia con aire comprimido						
0.8	Coloca en caja piezas acabadas					0.8	
	Recoge otra pieza						
1.0	Limpia la máquina con aire comprimido					1.0	
1.2	Coloca pieza en soporte					1.2	
	Pone en marcha la máquina y el autoavance						
1.4	Inactivo				Trabajando	1.4	
1.6					Fresado segunda cara	1.6	
1.8						1.8	
2.0						2.0	
2.2						2.2	
2.4						2.4	
2.6						2.6	
2.8						2.8	
3.0						3.0	
3.2						3.2	
3.4						3.4	
3.6						3.6	
3.8						3.8	

DESPLAZAMIENTO DE LOS TRABAJADORES EN LA ZONA DE TRABAJO

Figura 47. Diagrama de actividades múltiples para operación y máquina:
fresado de una pieza de hierro fundido (método perfeccionado)

DIAGRAMA DE ACTIVIDADES MÚLTIPLES				R E S U M E N			
DIAGRAMA num 9		HOJA núm. 1		ACTUAL	PROPUESTO	ECONOMIA	
PRODUCTO: <i>Pieza de fundición B. 239</i>		PLANO núm B. 239/1		TIEMPO DEL CICLO			
				Hombre	2.0	1.36	0.64
				Máquina	2.0	1.36	0.64
PROCESO: <i>Fresado segunda cara</i>				TIEMPO DE TRABAJO			
				Hombre	1.2	1.12	0.08
				Máquina	0.8	0.8	—
MAQUINA(S): <i>Fresadora vertical Cincinnati num. 4</i>		VELOCIDAD 80 r/min.	AVANCE 38 cm/min.	TIEMPO INACTIVO			
				Hombre	0.8	0.24	0.56
				Máquina	1.2	0.56	0.64
				UTILIZACION			
OPERARIO: FICHA núm 1234				Hombre	60%	83%	23%
COMPUESTO POR: FECHA:				Máquina	40%	59%	19%
TIEMPO (minutos)	OPERARIO			MAQUINA	TIEMPO (minutos)		
0.2	<i>Saca pieza terminada</i>					0.2	
0.4	<i>Limpia máquina con aire comprimido. Coloca otra pieza en soporte; pone en marcha la máquina y el autoavance</i>			Inactiva		0.4	
0.6						0.6	
0.8	<i>Desbarba borde con lima; limpia con aire comprimido</i>					0.8	
1.0	<i>Calibra profundidad en pieza</i>					1.0	
1.2	<i>Coloca pieza en cajón piezas acabadas, recoge otra pieza y la deposita cerca de máquina</i>			Trabajando <i>Fresado segunda cara</i>		1.2	
1.4	<i>Inactivo</i>					1.4	
1.6						1.6	
1.8						1.8	
2.0						2.0	
2.2						2.2	
2.4						2.4	
2.6						2.6	
2.8						2.8	
3.0						3.0	
3.2						3.2	
3.4						3.4	
3.6						3.6	
3.8						3.8	

DIAGRAMA DE PROCESO DE GRUPO METÓDO ACTUAL

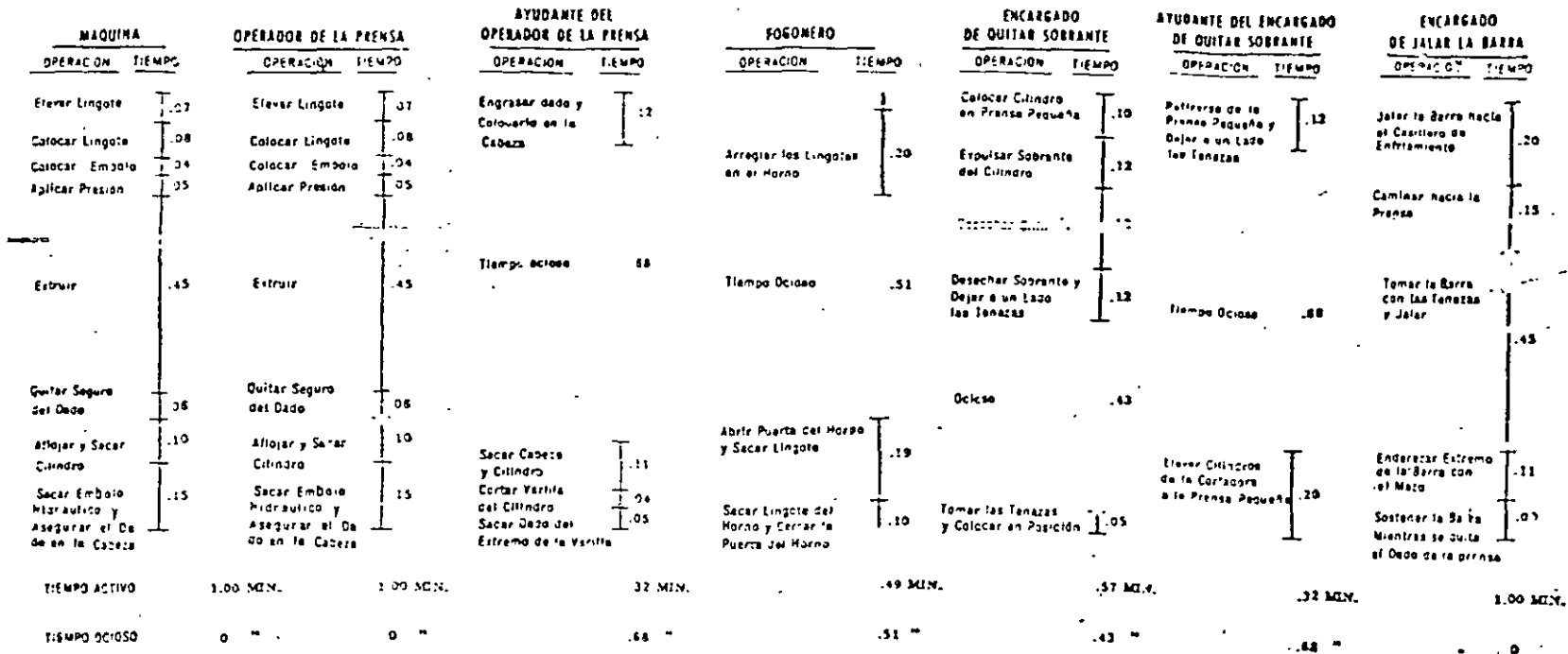
PRENSA DE EXTRUSION

DEPTO. 11

WELLEFONTE P.A. PLANT

GRAFICADO POR C & B 4-15

GRAFICA 6-45



TIEMPO OCIOSO = 2.30 MINUTOS-HOMBRE POR CICLO = 18.4 HORAS HOMBRE POR DIA DE OCHO HORAS

FIG. 6-4.

ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS

DIAGRAMA DE PROCESO DE GRUPO METODO PROPUESTO

DEPTO. 11, Prensa de Extrusion Bellefonte, Pa. Plant

GRAFICADO POR C.A.B. 4-15

GRAFICA G-85

MAQUINA		OPERADOR DE LA PRENSA		ASISTENTE DEL OPERADOR DE LA PRENSA		ENCARGADO DEL SUBRANTE		ENCARGADO DE JALAR LA BARRA	
OPERACION	TIEMPO	OPERACION	TIEMPO	OPERACION	TIEMPO	OPERACION	TIEMPO	OPERACION	TIEMPO
Elevar Lingote	.07	Elevar Lingote	.07	Engrasar dado y Corocarlo en la Cabeza	.12	Colocar Cilindro en Prensa Pequeña	.10	Jalar la Barra hacia el Casillero de Enfriamiento	.20
Colocar Lingote	.03	Colocar Lingote	.03	Caminar al Horno	.05	Expulsar Sobrante del Cilindro	.12	Caminar hacia la Prensa	.15
Colocar Embolo	.04	Colocar Embolo	.04	Arreglar los Lingotes en el Horno	.23	Quitar el Cilindro	.13		
Aplicar Presión	.05	Aplicar Presión	.05	Regresar a la Prensa	.05	Desechar Sobrante y Dejar a un Lado las Tenazas	.17	Tomar la Barra con las Tenazas y Jalar	.45
Extruir	.45	Extruir	.45	Tiempo Ocioso	.09				
Quitar Seguro del Dado	.06	Quitar Seguro del Dado	.06		.19	Ocioso	.23		
Afinar y Sacar Cilindro	.10	Afinar y Sacar Cilindro	.10		.10	Tomar las Tenazas y Colocar en Posición	.05	Enderezar Extremo de la Barra con el Mazo	.11
Sacar Embolo Hidráulico y Asegurar el Dado en la Cabeza	.15	Sacar Embolo Hidráulico y Asegurar el Dado en la Cabeza	.15	Sacar Cabeza y Cilindro	.11	Llevar Cilindro de la Cortadora a la Prensa Pequeña	.20	Sostener la Barra Mientras se quita el Dado de la prensa	.09
				Cortar Varilla del Cilindro	.04				
				Sacar Dado del Extremo de la Varilla	.05				
Tiempo Activo	1.00 Min.		1.00 Min.		.91 Min.		.77 Min.		1.00 Min.
Tiempo Ocioso	0		0		.06 Min.		.23 Min.		0

h1

Diagrama Hombre Máquina

Operación:
Máquina tipo:
Departamento:

Pag. No. dc
Fecha:
Hecho por:

Máquina 1 Máquina 2

Descarga y carga máquina 1	0.1	0.1	descarga y carga 0.53	0.70
	0.2	0.2		
	0.3	0.3		
	0.4	0.4		
	0.5	0.5		
Camina a máquina 2 Limpia pieza	0.6	0.6	Taladro 0.5	0.78
	0.7	0.7		
Descarga y carga máquina 2	0.8	0.8	Tiempo muerto .62	0.78
	1.0	1.0		
	1.1	1.1		
	1.2	1.2		
	1.3	1.3		
Camina a máquina 1 Limpia pieza	1.4	1.4	Descarga y carga 0.53	0.63
	1.5	1.5		
Descarga y carga máquina 1	1.6	1.6	Taladro 0.5	0.24
	1.7	1.7		
	1.8	1.8		
	1.9	1.9		
	2.0	2.0		
Camina a máquina 2 Limpia pieza	2.1	2.1	Carga y descarga 0.78	0.78
	2.2	2.2		
Carga y descarga máquina 2	2.3	2.3	Tiempo muerto 0.62	0.63
	2.4	2.4		
	2.5	2.5		
	2.6	2.6		
	2.7	2.7		
Carga y descarga máquina 1	2.8	2.8	Tiempo muerto 0.62	0.63
	2.9	2.9		
	3.0	3.0		
	3.1	3.1		
	3.2	3.2		
	3.3	3.3		
	3.4	3.4		
	3.5	3.5		

Resumen	Tiempo del ciclo		Acción		Ocio		utilización	
	Actual	Prop. Ahorro	Actual	Prop. Ahorro	Actual	Prop. Ahorro	Actual	Ahorro
Hombre	1.65							
Máquina 1	1.65		0.30		0.62		0.5	
Máquina 2	1.65		0.38		0.24		0.63	

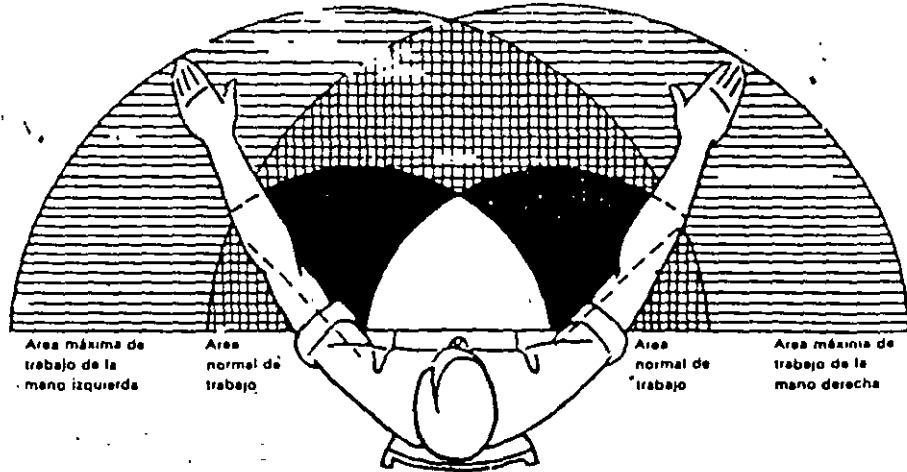
Diagrama 1

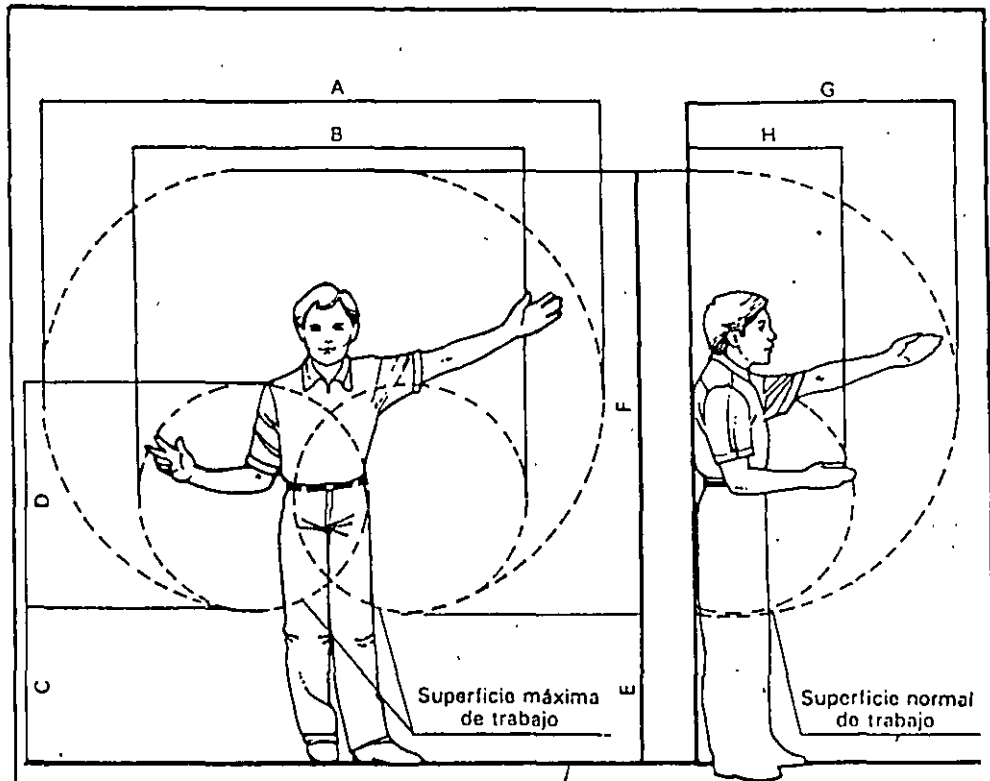
AREA NORMAL DE TRABAJO
MOVIMIENTOS DE LOS DEDOS,
DE LA MUNECA Y DEL CODO



Diagrama 2

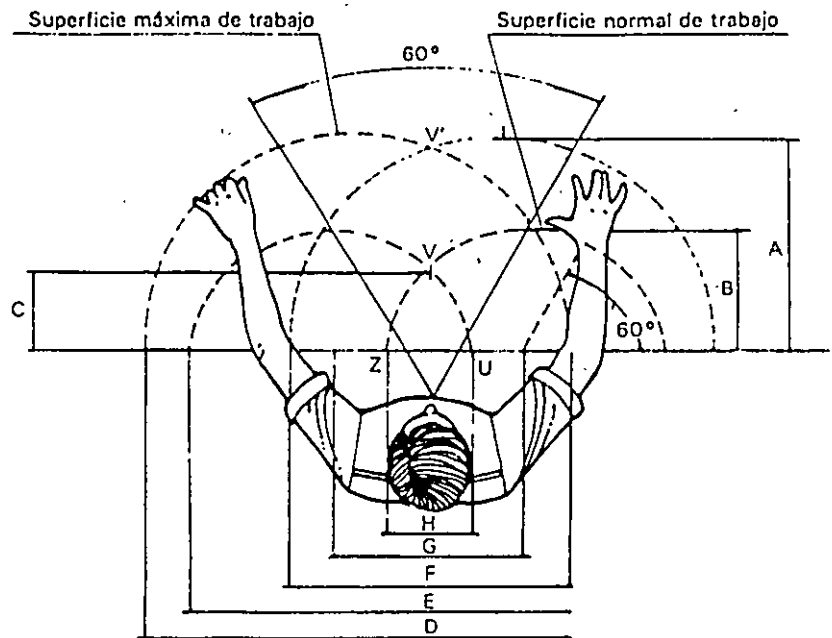
AREA MAXIMA DE TRABAJO
MOVIMIENTOS DE LOS HOMBROS





	<i>Mujer</i> talla: 1.59 m peso: 54 kg	<i>Hombre</i> talla: 1.68 m peso: 68 kg
A	1.400	1.550
B	1.100	1.350
C	0.680	0.770
D	0.720	0.880
E	0.630	0.700
F	1.260	1.400
G	0.730	0.800
H	0.430	0.500

FIGURA 5.21
Superficies normal y
máxima de trabajo en el
plano vertical.



	<i>Mujer</i> talla: 1.59 m peso: 54 kg	<i>Hombre</i> talla: 1.68 m peso: 68 kg
A	0.480	0.550
B	0.300	0.335
C	0.200	0.240
D	1.370	1.550
E	1.100	1.350
F	0.640	0.720
G	0.550	0.600
H	0.200	0.240

FIGURA 5.20
Superficies normal y
máxima de trabajo en el
plano horizontal.

FIGURA 7-18

Analisis de mano derecha y mano izquierda del ensamble de la quijada de la prensa o sujetador para tubos

THE HOLDTITE VISE CO			
ANALISIS DE MANO DERECHA E IZQUIERDA			
Operación <u>Ensamblar mordaza superior de prensa para tubos</u>			
Pieza No. <u>V-2842-3</u>		Dibujo No. <u>VA7RA2</u>	
Dibujado por <u>F. Snow</u>		Fecha <u>7-VII</u>	
Depto. <u>11-B</u>		Planta <u>Burlington</u>	
		Hoja <u>1</u> de <u>1</u>	
Mano izquierda	Símbolos		Mano derecha
1. Recoger soporte de mordaza Alcanzar mordaza Tomar mordaza Mover mordaza	AI	AI	1. Colocar mordaza de prensa Alcanzar mordaza Asir mordaza Moverla al soporte
2. Colocar soporte poner en posición	P	M P SI	2. Colocar mordaza en hueco de soporte Mover mordaza al hueco Colocarla en posición en el hueco Saltar mordaza
3. Sostener soporte Sostener	SI	AI T M P RI	3. Tomar 2 rondanas y colocarlas Alcanzar la mordaza Tomar rondanas Moverlas a la mordaza Colocarlas en posición Saltar rondanas
4. Sostener soporte Sostener	SI	Re G M	4. Recoger dos tornillos Alcanzar dos tornillos Sujetarlos Moverlos a las rondanas
5. Sostener soporte Sostener	H	P M RI	5. Ensamblar rondanos en tornillos Colocar en posición los tornillos Mover los tornillos Saltar los tornillos
6. Sostener soporte Sostener	H	Re G M P U	6. Atornillar el primer tornillo Alcanzar el destornillador Asir el destornillador Mover el destornillador Colocarlo en posición en el tornillo Apriatar el tornillo
7. Sostener soporte Sostener	H	Re G M P U	7. Atornillar el segundo tornillo Alcanzar el destornillador Asir el destornillador Mover el destornillador Colocarlo en posición en el tornillo Apriatar el tornillo
8. Desachar pieza Mover mordaza ensamblada Saltar pieza	M RI	M RI	8. Dejar a un lado el destornillador "tenhas" Mover el destornillador Saltar el destornillador

Figure 57. Diagrama bimanual: 1. 2. Trozos de vidrio (método propuesto)

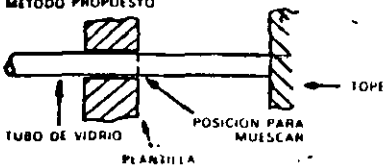
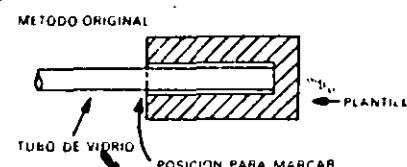
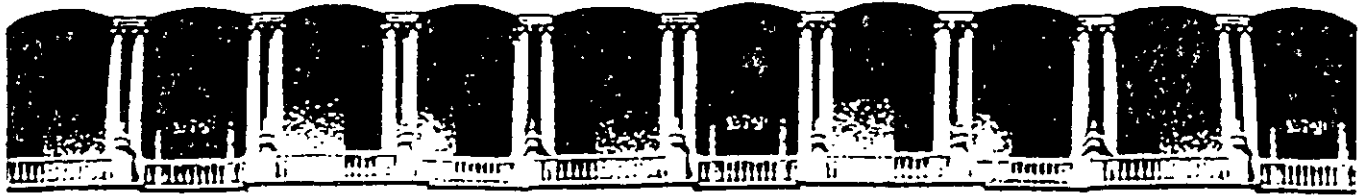
DIAGRAMA BIMANUAL		DISPOSICION DEL LUGAR DE TRABAJO							
DIAGRAMA núm 2 HOJA núm. 1		MÉTODO PROPUESTO							
DIBUJO Y PIEZA: Tubo de vidrio de 3 mm diam y 1 m long									
OPERACION Cortar trozos de 1.5 cm									
LUGAR: Talleres generales									
OPERARIO:									
COMPUESTO POR:		FECHA:							
DESCRIPCION MANO IZQUIERDA	○	□	U	▽	○	□	U	▽	DESCRIPCION MANO DERECHA
Mete tubo hasta tope									Sostiene lima
Hace girar tubo									Muesca tubo con lima
Sostiene tubo									Golpea tubo con lima trozo cae en copa
RESUMEN									
METODO	ACTUAL		PROPUESTO						
	IZQ	DER	IZQ	DER					
Operaciones	8	5	2	2					
Transportes	2	5	-	-					
Esperas	-	-	-	-					
Sostenim	4	4	1	1					
Inspecciones	-	-	-	-					
Totales	14	14	3	3					

DIAGRAMA BIMANUAL		DISPOSICION DEL LUGAR DE TRABAJO							
DIAGRAMA núm 1 HOJA núm 1		MÉTODO ORIGINAL							
DIBUJO Y PIEZA: Tubo de vidrio de 3 mm diam y 1 m long									
OPERACION Cortar trozos de 1.5 cm									
LUGAR: Talleres generales									
OPERARIO:									
COMPUESTO POR:		FECHA:							
DESCRIPCION MANO IZQUIERDA	○	□	U	▽	○	□	U	▽	DESCRIPCION MANO DERECHA
Sostiene tubo									Recoge lima
Hasta plantilla									Sostiene lima
Mete tubo en plantilla									Lleva lima hasta tubo
Empuja hasta fondo									Sostiene lima
Sostiene tubo									Muesca tubo con lima
Retira un poco tubo									Sostiene lima
Hace girar tubo 120°/180°									Sostiene lima
Empuja hasta fondo									Acerca lima a tubo
Sostiene tubo									Muesca tubo
Retira tubo									Pone lima en mesa
Pasa tubo a la der									Va hasta tubo
Dobla tubo para partirlo									Dobla tubo
Sostiene tubo									Suelta trozo cortado
Corre a otra parte de tubo									Va hasta lima
RESUMEN									
METODO	ACTUAL		PROPUESTO						
	IZQ	DER	IZQ	DER					
Operaciones	8	5	-	-					
Transportes	2	5	-	-					
Esperas	-	-	-	-					
Sostenim	4	4	-	-					
Inspecciones	-	-	-	-					
Totales	14	14	-	-					



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO EN INGENIERIA DE
PRODUCCION**

MODULO I: DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCION

TEMA

**MATERIAL PARA TÉCNICAS PARA LA MEJORA
CONTINUA**

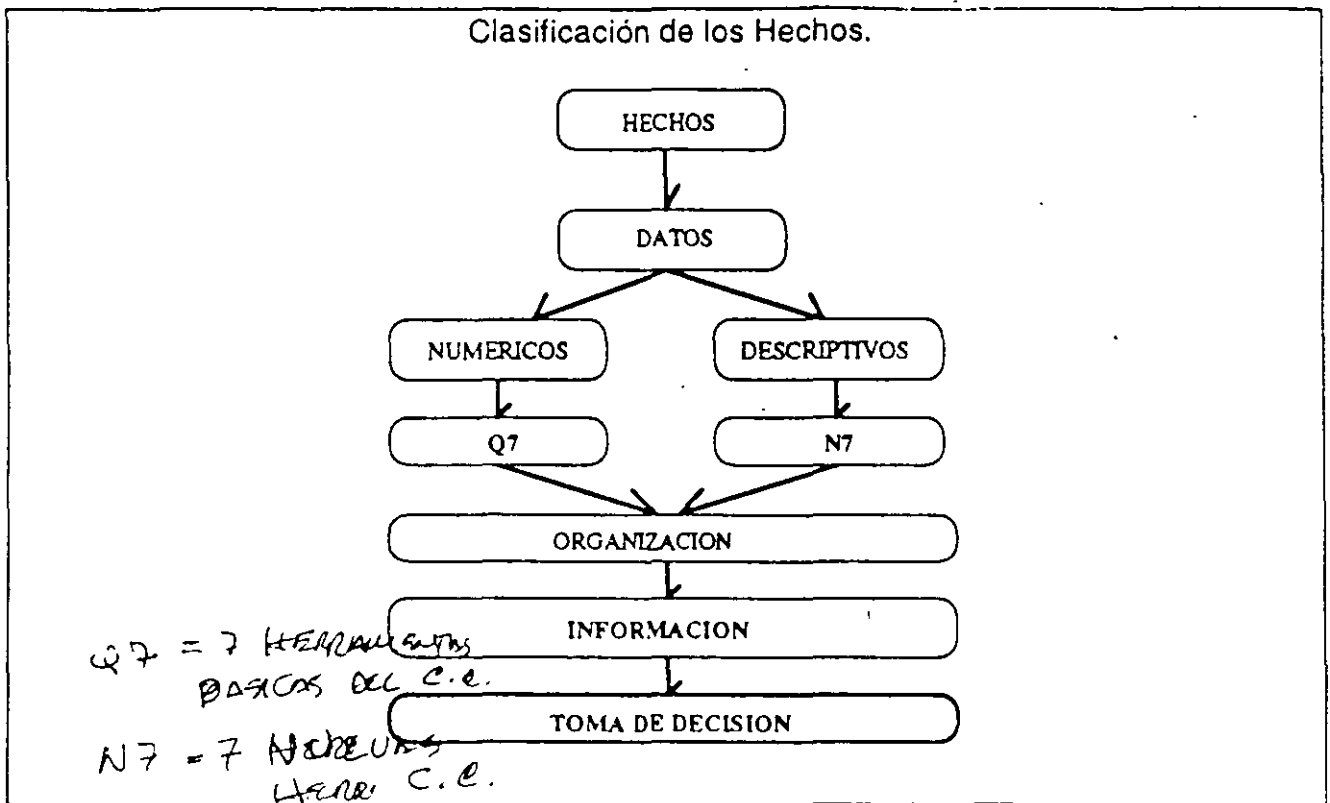
**PALACIO DE MINERIA
SEPTIEMBRE DEL 2000**

INDICE GENERAL		Pag.
Introducción.		4
1.0 Hoja de datos.		6
2.0 Diagrama de Causa y Efecto		8
3.0 Gráfico de Pareto		12
4.0 Estratificación		16
5.0 Histograma		17
5.1 Histogramas		17
5.2 Tipos de histogramas		19
5.3 Medidas de tendencia central		21
5.4 Medidas de dispersión		22
5.5 Cálculo rápido de media y desviación estándar		23
5.6 Índice de capacidad de proceso		25
5.7 Comparación de histogramas vs. especificaciones		27
5.8 Resumen para el cálculo de Cp		29
5.9 Caso de reflexión.		30
5.10 Otros parámetros		31
6.0 Gráficas		32
7.0 Gráficos de Control		32
7.1 Gráfico de control de rangos		33
7.2 Gráfico de control de medias		33
7.3 Gráfico de control de medianas		34
7.4 Gráfico de control de mediciones individuales		35
7.5 Gráfico de control pn		39
7.6 Gráfico de control p		40
7.7 Gráfico de control c		41
7.8 Gráfico de control u		42
7.9 Formulario		43
7.10 Construcción de un gráfico de control		44
7.11 Estados de normalidad		44
7.12 Vicios en los gráficos de control		44
7.13 Movimiento de los puntos en un gráfico de control.		48
8.0 Gráfico de Dispersión.		50
Bibliografía		53
Ejercicios		AX

CONTROL ESTADISTICO DE PROCESO

INTRODUCCION.

Uno de los puntos más importantes en el control de calidad es el "Control Basado en Hechos Reales" y no en la experiencia, el sentido común y la audacia. Para poder asegurar nuestra calidad y la satisfacción del cliente, es necesario identificar las variables que determinan la calidad de nuestro proceso o "Características de Calidad" y luego determinar el estado de dichas variables a través de datos. La toma de una correcta decisión basada en la realidad, depende de la veracidad de los datos y de la manera en que estos datos son analizados.



A. OBJETIVO DE TOMAR DATOS.

1) **Datos para el Análisis.** Son los datos que se toman para entender la situación actual de nuestro proceso, área de trabajo, empresa, etc.

2) **Datos para el Control.** Son los datos que se toman periódicamente para investigar la variación diaria de nuestro proceso, área de trabajo, empresa, etc. para verificar su estado de control (estabilidad). *(MONITOREO)*

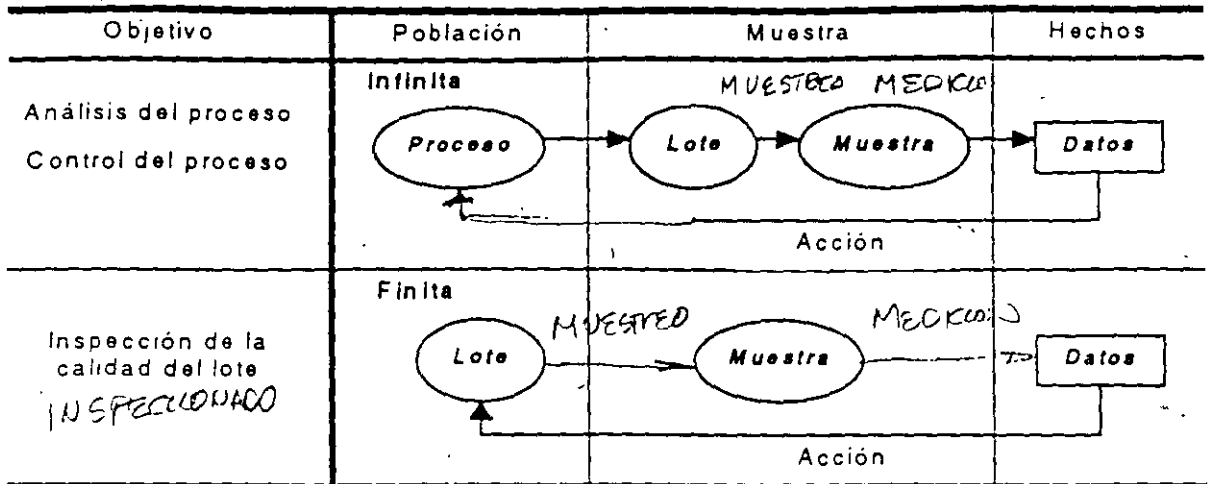
3) **Datos para la Inspección.** Son los Datos que se toman al recibir o entregar un determinado material. Son datos que sirven para verificar si el producto cumple con las especificaciones o contratos establecidos. *(DEMOSTRAR)*

B. TIPOS DE DATOS.

- 1) **Datos Continuos.** Son los datos medibles como la longitud, el peso, la temperatura, etc. (VARIABLES)
- 2) **Datos Discretos.** Son aquellos datos que se pueden contar como el número de piezas defectuosas, el número de errores, etc., Son datos no-continuos. (DATOS DISCRETOS)

C. POBLACIÓN Y MUESTRA.

Tabla c.1



D. LAS SIETE HERRAMIENTAS BASICAS.

Se conoce como Siete Herramientas Estadísticas Básicas a las siguientes:

- Hojas de Registro y Verificación.
- Diagrama de Causa y Efecto.
- Gráfico de Pareto.
- Estratificación.
- Histograma.
- Gráfico de Control.
- Gráfico de Dispersión.

1.0 HOJA DE DATOS ("CHECKSHEET / CHECKLIST").

Existen dos tipos principales de hojas para la recopilación y organización de datos numéricos que son:

- 1) Para Registro o "Checksheets". Se anota información en ellas.
- 2) Para Verificación o "Checklists". Llevan información que debe cotejarse con la realidad.

1.1 Elaboración de un "Checksheet" o un "Checklist".

- a) Definir el Objetivo del "Checksheet" y las variables necesarias.
- b) Diseñar el mismo de tal forma que sea fácil de llenar e interpretar.
- c) Realizar una prueba de "escritorio" para verificar su uso.
- d) Mejorarlo en base al punto anterior hasta que está listo.
- e) Darle seguimiento a su uso y mejorarlo constantemente.

INSPECCION		
<i>Pieza:</i> Botella A	<i>Fecha recep.:</i> 97-V-10	
<i>Proceso:</i> Inspec. defectos	<i>Fecha prod.:</i> Ensamble	
<i>n=</i> 96 cartones	<i>Gerencia:</i> Operaciones	
<i>Remisión:</i> 96-4-8	<i>Depto.</i> Producción	
<i>tipo de defecto</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Total</i>
Rebaba's Ext		
Rebaba's Int.		
Estrellado		
Pintura Ext.		
Otro		
Vo.Bo		

Fig.1.1 Checksheet para Control de Elementos Defectuosos.

DISTRIBUCION DEL: <i>Diámetro del Cuerpo B.</i>		
<i>Gerencia:</i> Aseguramiento de calidad	<i>Fecha:</i> 97 V-10	
<i>No. de piezas inspeccionadas:</i> n= 50		
<i>Diámetro.</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Total</i>
2.305 a 2.315	12	2
2.315 a 2.325	12345	5
2.325 a 2.335	1234567890	10
2.335 a 2.345	123456789012345	15
2.345 a 2.355	1234567890	10
2.355 a 2.365	12345	5
2.365 a 2.375	12	2
2.375 a 2.385	1	1
	Total	50

Fig. 1.2 Checksheet para Analizar una Distribución (de un proceso u operación).

Fecha: mes de julio 199x		Producto: C-45		Nombre: RHO						
item/fecha		7	8	9	10	11	12	13	etc...	...
Total % Defectos	Total inspeccionados	230	200	250	210					
	pintura despegada	6	5	7	5					
	%	2.6	2.4	2.7	2.5					
Estratificación	En lado A	4	4	3	4					
	% A	68	80	43	80					
	En lado B	1		2						
	% B	16		29						
	En lado C	1		1	1					
	% C	16		14	20					
	En otros lados			1	1					
% otros			20	14						
Localización de los Defectos ETIQUETA										

Fig. 1.3 Checksheet Combinado con Localización Visual de Elementos.

Maq.	Oper.	Lun 20		Mar 21		Mié. 22		Jueve 23		Viern 24		Total
		am	pm	am	pm	am	pm	am	pm	am	pm	
A	1	...	..	..	++ &	....	..	..	..	....	....	40
	2	++ &	....	..	++ &	....	..	..	++ &	....	....	58
B	1	..	..	..	°	°	°	°	°	°	°	32
	2	++ &	++ °	+++	++	<	....	..	..	....	....	43
Suma		19	14	12	14	15	15	14	14	29	27	173

* Pintura externa + Despostillada & Estrellado < Basura ° otros.

Fig. 1.4 Checksheet para investigar las Causas de un problema.

Prensa 1							Tipo envase	Prensa 2								
Prom.	7	6	5	4	3	2	1	Muestra No.	1	2	3	4	5	6	7	Prom
								Altura								
								Diámetro								
								Espesor								
								Peso								
								Capacidad								
								Espacio A.								
								Presión								
								Volúmen								

Fig. 1.5 Checksheet con matriz tipo "T".

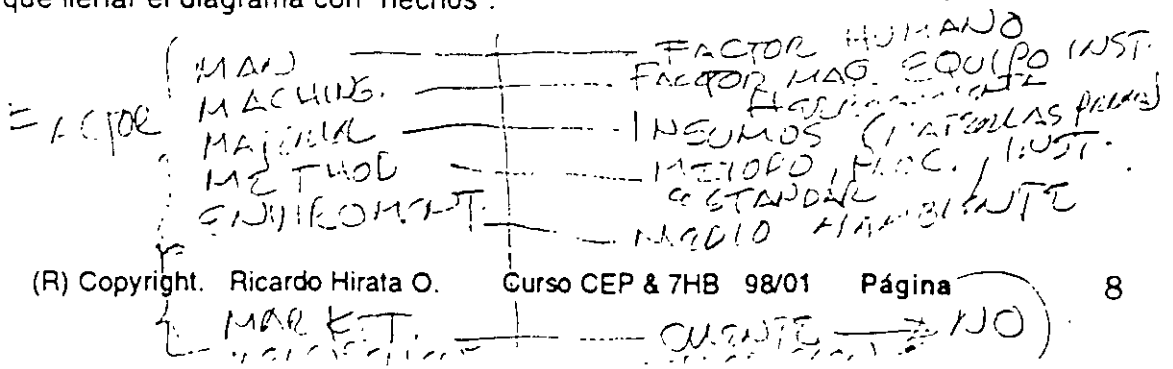
1 - RECOPIACION
2 - O ROMANIZACION

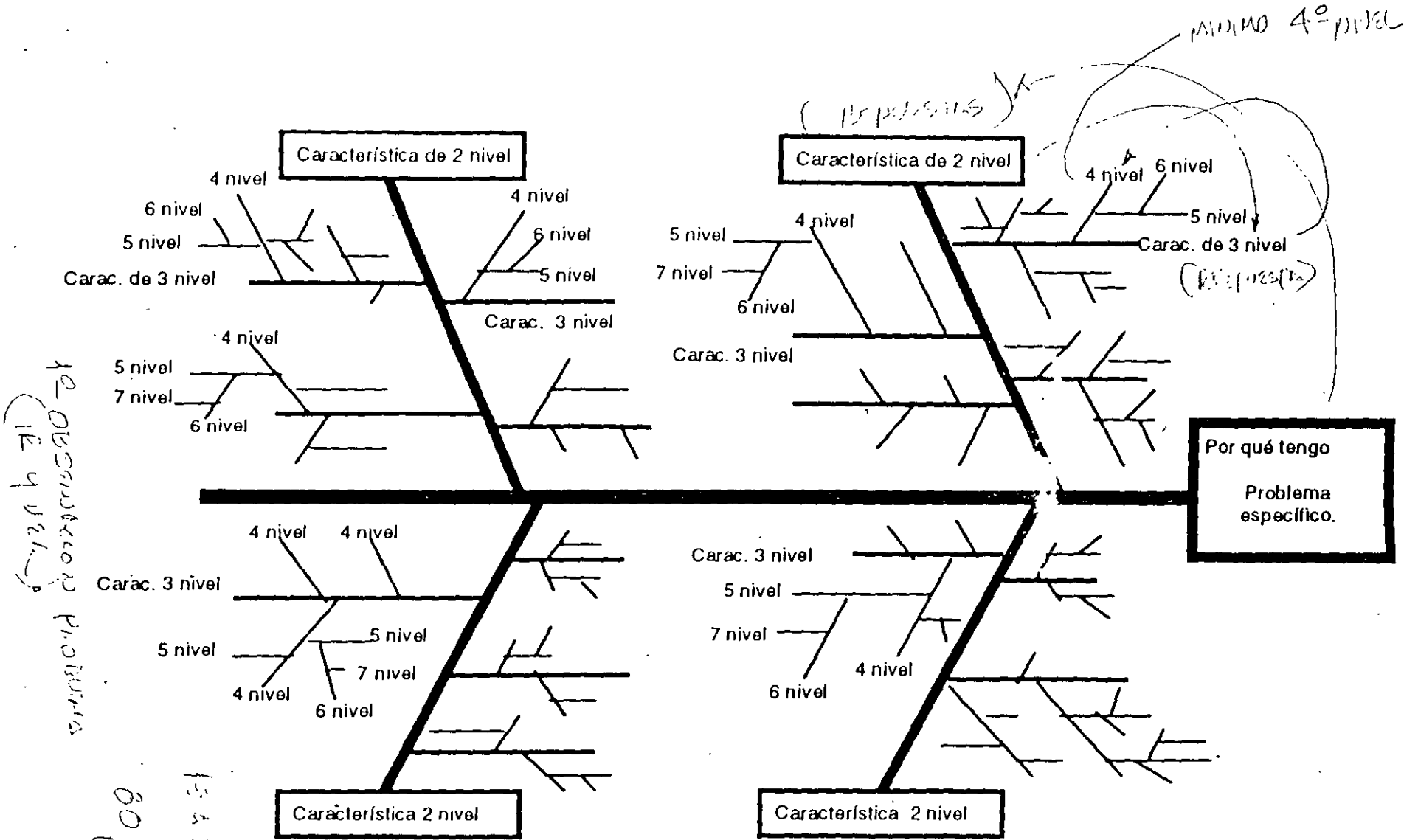
2.0 DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO.

Es un diagrama que indica las relaciones existentes entre las Causas (Factores) y los Efectos (Características de Calidad). Fue utilizado en 1952 por el fallecido Dr. Kaoru y posteriormente utilizado por todas las demás empresas. Fuera de Japón se denomina Diagrama de Ishikawa o Diagrama de Espinas de Pescado (Fishbone Diagram).

2.1 Elaboración de un Diagrama de Causa y Efecto.

- Determinar la **Característica de Calidad** a analizar. Debe ser un problema específico colocado en un cuadro en el extremo derecho de una hoja.
- Se pinta una línea recta horizontal que sale del cuadro (problema específico) hacia la izquierda.
- Por medio de una **Lluvia de Ideas**, se sacan todos los factores que influyen en la Característica de Calidad y se registran en un pizarrón o rotafolio.
- Se analizan detalladamente todos los factores registrados y se agrupan en factores generales. El objetivo es ir de causas generales a causas particulares.
- Dichos factores generales se colocan como "Espinas" grandes y se convierten ahora en características de calidad secundarias.
- Se recomienda que se utilice como primeras características secundarias o "espinas grandes" a los factores: humano, maquinaria, métodos y materiales.
- Los factores restantes se van colocando según su relación de Causa-Efecto en "Espinas" cada vez más pequeñas hasta colocar todos los factores.
- La relación debe ir de lo general a lo particular, llegando hasta las causas de cuarto, quinto y sexto nivel (como sugerencia).
- En todo momento se permite que nuevas ideas y factores surjan y se incluyan en el diagrama.
- Hay que recordar que es un diagrama que busca causas y no soluciones a los efectos.
- Hay que llenar el diagrama con "hechos".





1º OBSERVACIONES PROBLEMA (IE y VARIAS)

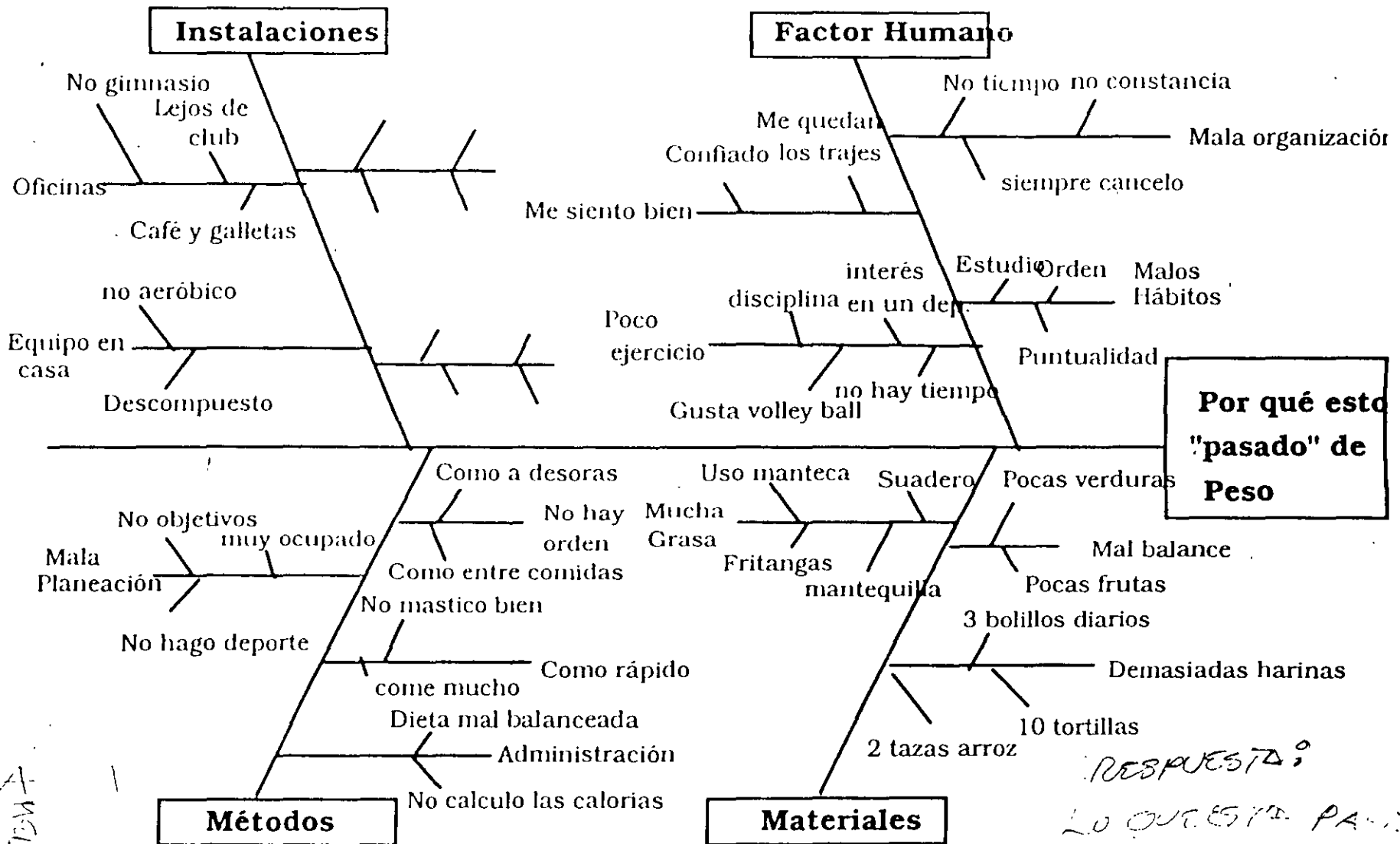
BO CAUSAS, BO CAUSAS, BO CAUSAS MÍNIMO

1º & 2º causas e/o esp.

Fig. 2.1 Diagrama de Causa y Efecto

1.- TAREA QUE SEA SIMPLICIO.

2.- VISUAL.



*RESPUESTA:
LO QUE ESTE PASADO*

*3-10-17
07:47
+MCLD*

Fig. 2.2 Diagrama de Causa y Efecto

2.2 Notas Importantes sobre los Diagramas Causa y Efecto.

1. La experiencia en Japón sugiere que al realizar un Diagrama de Causa-Efecto, se utilicen las llamadas **4 M's** como Características Secundarias de Calidad o causas del problema primario (cabeza del diagrama) y así facilitar el desarrollo de la misma herramienta. Las 4 M's son:

Tabla 2.1 Las 4 M's

Inglés	Español
MAN	FACTOR HUMANO
MACHINE	MAQUINAS, EQUIPOS E INSTALACIONES
MATERIALS	MATERIALES, INSUMOS
METHOD	METODOS

2. Nunca construya un Diagrama de C. E. solo. Es importante que participen todas las personas involucradas con el problema y que por lo tanto, lo viven y conocen.
3. La lluvia de ideas es un medio útil para obtener libremente, las ideas de todos. Todas las ideas son buenas y no es permitido juzgarlas.
4. Expresar la característica de calidad (cabeza del "pescado") lo más concreto y específico posible. Lo importante es ir relacionando problemas y causas.
5. Ataque problemas específicos. Nunca el problema de desperdicio, de reclamos, etc. sino por ejemplo, el problema de los errores en las memorándums, en el fotocopiado, el reclamo A, etc. Es importante particularizar el problema a áreas específicas de la empresa y no tratar de solucionar problemas globales de la organización, a través de un diagrama C.E.
6. Si el problema que se escoge es demasiado general, es probable que el responsable del mayor número de causas sea el Factor Humano.
7. Si el problema que se escoge es específico, se podrá llegar con mayor facilidad a la estratificación de causas y seguramente el responsable del mayor número de causas sea el Factor métodos.
8. Las causas deben ser "hechos" y no soluciones.
9. Elegir factores y características que se puedan medir.
10. No olvidar de utilizar siempre la regla del "por qué", "por qué".
11. Es importante pintar las espinas de tal forma que visualmente, el diagrama sea fácil de entender.
12. Muchas veces se conocen distintas acciones posibles de realizar y se relacionan directamente con el problema, lo cual hace que nuestro diagrama de C.E. sea muy simple e indique acciones a tomar (que no siempre son las mejores). Es importante recordar que lo que se busca son posibles causas del problema, las cuales después se cuantifican y finalmente se determinan las alternativas de solución. Un diagrama de causa y efecto debe indicar claramente las relaciones hasta un cuarto o quinto nivel (por lo menos 40 ramificaciones. Un buen diagrama tiene por lo menos 80).
13. No tomar decisiones o acciones basado únicamente en el diagrama de C.E. Es importante demostrar con hechos que las posibles causas lo son de verdad. A veces una causa que parece insignificante tiene un efecto importante en el problema. No tomar decisiones basado en la experiencia o el sentido común.
14. Es importante detectar factores sobre los cuales podamos trabajar, pero es importante también detectar áreas de oportunidad de otros departamentos o procesos. Lo importante es mejorar para satisfacer al cliente.

15. Es recomendable detectar si las causas que se van determinando aparecen periódicamente, cíclicamente, eventualmente, etc. Es información importante a la hora de cuantificar las causas o relacionarlas con otro tipo de problemas.
16. Si por alguna razón, una de las espinas empieza a estratificarse mucho, se recomienda cortar dicha "espinas" y crear otro diagrama de pescado.

*5 causas
OP 11/10/97
10/1/1997*

3.0 GRAFICO DE PARETO.

Recibe el nombre por el economista italiano **V. Pareto** (1848-1923), que al analizar la distribución de la posesión de la riqueza encontró que pocas personas tenían la mayor parte de la riqueza y viceversa, en lo que se denomina la Ley de Pareto. El **Dr. Juran** aplicó esta Ley a la producción para el análisis de los defectos de un producto ("Pocas causas, solucionan la mayor parte los problemas"). Se le conoce como la Ley del 80-20 en donde el 20% de las causas de un problema representan el 80% de su efecto, por lo tanto es importante detectar y eliminar aquellas causas importantes que nos dan un gran beneficio.

"Pocas esenciales y muchas triviales".

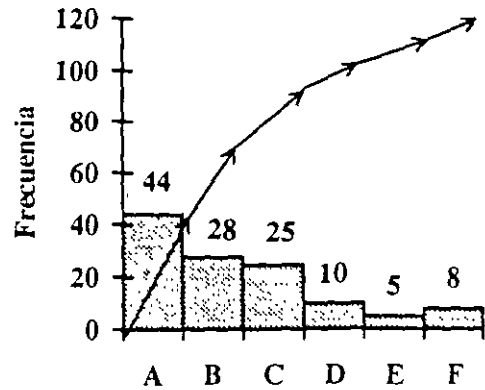
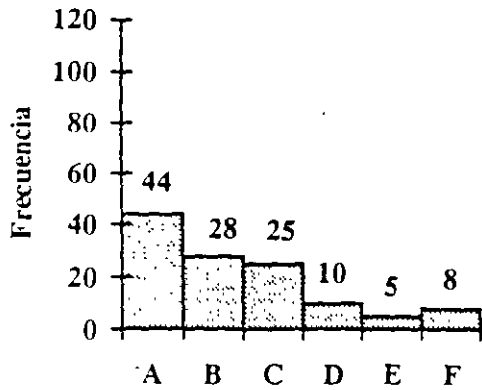
3.1 Elaboración de un Gráfico de Pareto.

- Reunir los datos referentes a un problema (defectos o posibles causas y sus frecuencias) y elaborar una Tabla de Frecuencias.
- Ordenar los factores o causas de mayor a menor en la tabla.
- Calcular la frecuencia acumulada.

Tabla de Frecuencias "Defectos en envase de cristal" (mes de Mayo 1997)

Queja del Cliente	Frecuencia	Frecuencia Acumulada	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
A: Decorado	44	44	36.7	36.7
B: Pintura exterior	28	72	23.3	60.0
C: Marcas en cuerpo	25	97	20.8	80.8
D: Raya brillante	10	107	8.3	89.1
E: Burbuja	5	112	4.2	93.3
F: Otros	8	120	6.7	100.0
Total	120		100.0	

- En el eje "X" graficar con barras los factores o causas. El eje "Y" izquierdo representa la frecuencia o segunda columna de datos y debe medir al menos el total de la frecuencia.
- Señalizar cada barra con el valor de su frecuencia.
- Con la misma escala de frecuencia realizar la grafica lineal con los datos de la frecuencia acumulada. Es importante anotar que no se anota ningun dato de frecuencia acumulada a la gráfica lineal.



- g) Calcular ahora el porcentaje que representa cada uno de los factores con respecto al total de datos (cuarta columna).
- h) Calcular el porcentaje acumulado en la última columna de la tabla.
- i). Crear un nuevo eje "Y" en la derecha con la escala porcentual.
- j) El lugar en donde termina la gráfica lineal a la derecha es equivalente al 100%.
- k) Señalizar la gráfica lineal con los valores del porcentaje acumulado.
- l) Colocar tamaño de muestra, periodo en el que se tomaron los datos, responsable de la gráfica, etc.

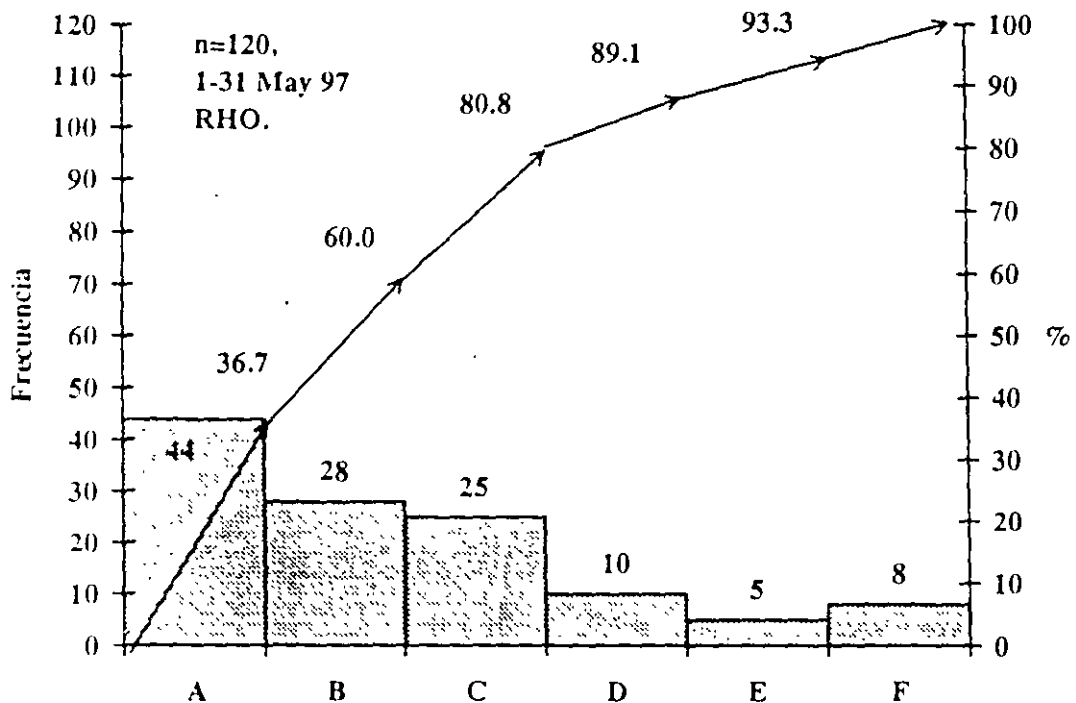


Fig. Gráfico de Pareto .

- d) Graficar con barras la frecuencia y con una línea el porcentaje acumulado.
- e) Anotar información necesaria como: tamaño de muestra, periodo, nombre del analista, etc.

3.2 Notas acerca de los Gráficos de Pareto.

- 1) El gráfico de Pareto es una herramienta útil para particularizar los problemas (por ejemplo, descomponer el problema de desperdicio en los tipos de desperdicio que tiene la empresa) y entonces se combina muy bien para determinar la característica de calidad primaria necesaria para iniciar un diagrama de Causa y Efecto.
- 2) No olvidar colocar información necesaria como: Tamaño de muestra (n), Periodo que se grafica, responsable del gráfico, unidades de cada uno de los ejes, título del gráfico.
- 3) Construya varios tipos de gráficos de Pareto en función de distintos puntos de vista o unidades del eje "Y", por ejemplo si se grafican No. de defectos, analice también el costo que eso representa, los efectos de dichos defectos en otros procesos, etc.
- 4) Una vez detectado el problema o fenómeno prioritario, estratifique las veces que sea necesario, para llegar hasta las causas.
- 5) El gráfico de Pareto es la representación (estática) del comportamiento de un fenómeno en determinado periodo. En caso de tratarse de un periodo muy largo de tiempo (2 años por ejemplo), es recomendable utilizar una serie de tiempo como gráfica de todos los datos y paralelamente un gráfico de Pareto con los datos más recientes (1 o 2 últimos meses).
- 6) No utilizar directamente el gráfico de Pareto para problemas de reducción o incremento de una característica de calidad.
- 7) Hay que tener mucho cuidado cuando utilizamos los gráficos de Pareto para comparar la situación anterior y la mejorada (antes y después), ya que se puede cometer el error de comparar periodos de tamaño distinto.
- 8) Es importante que al comparar dos gráficos de Pareto, estos tengan las mismas escalas (figs. 3.2 y 3.3).

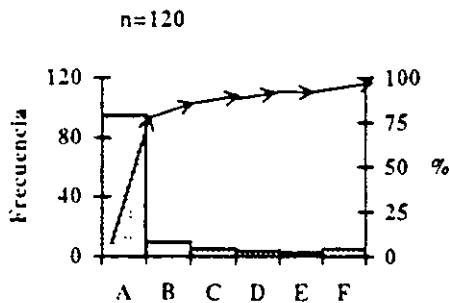


Fig. 3.2 Situación "ANTES" de la mejora.

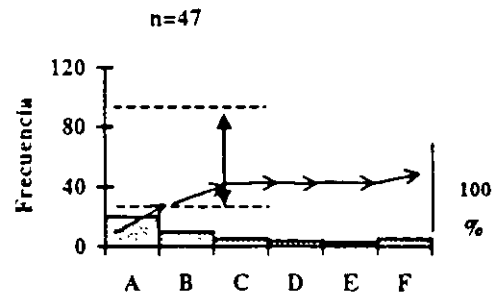


Fig. 3.3 Situación "DESPUES" de la mejora.

- 9) Nunca construir gráficos de Pareto en donde el rubro de "Otros" tenga un porcentaje elevado.
- 10) Elegir correctamente el problema a solucionar, pensando en el efecto que se tendrá y no solo en el orden que ocupa en la gráfica. Es recomendable, pensar que a veces es mejor elegir lo solucionable y no necesariamente lo que la gráfica nos sugiere como la de mayor importancia.
- 11) Para que ambas gráficas (la de barras y la de líneas) tengan las mismas escalas y puedan ser comparadas, es necesario que el valor máximo del eje Y de frecuencias (derecha) corresponda con el valor de 100% en el eje Y de porcentajes. (figs. 3.4 y 3.5).

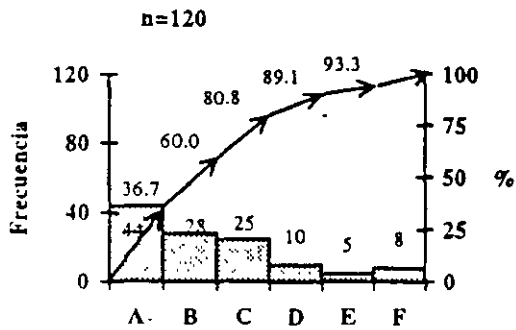


Fig. 3.4 Misma proporción

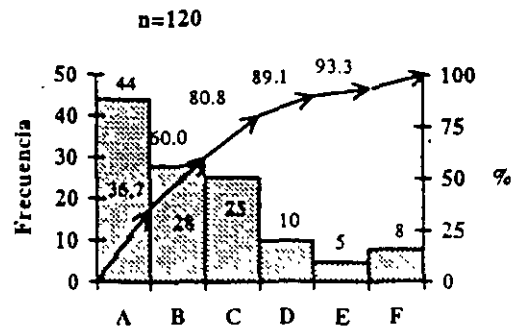


Fig. 3.5 Dos escalas diferentes sin proporción

12) En lo posible hay que tratar de que el Gráfico de Pareto sea lo más cuadrado posible, ya que así podemos deducir visualmente si se cumple la Ley del 80-20. (figs. 3.6 y 3.7).

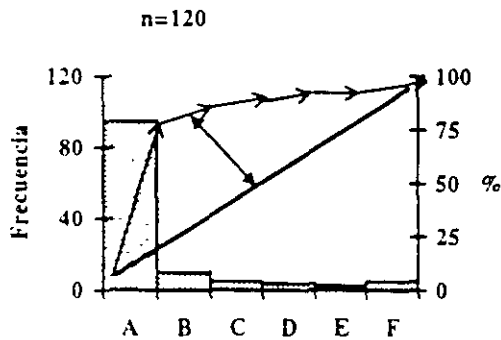


Fig. 3.6 Gran parte del efecto se soluciona con la eliminación de pocas causas.

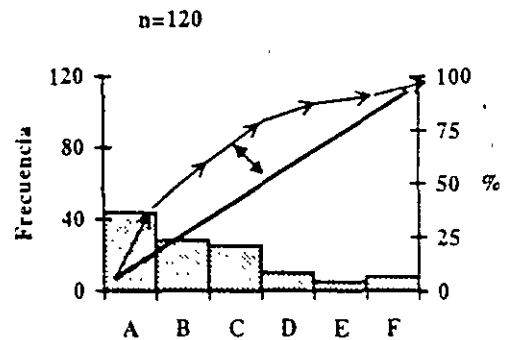


Fig. 3.7 Hay que eliminar varias causas para solucionar el efecto.

4.0 ESTRATIFICACIÓN.

Estratificar significa separar la toma de datos dependiendo del turno maquina, operador, materia prima, etc. Facilita el correcto entendimiento de la información, la toma precisa de una acción y un mejor conocimiento de los datos históricos de un producto.

Se puede estratificar por:

- PRODUCTO: Por tipo de producto o servicio.
- PROBLEMA: Por tipo de defecto, por tipo de falla, por su magnitud, por su alcance, etc.
- COSTO: Por el costo que genera, por la pérdida (real o potencial), etc.
- LOCALIZACIÓN: Por el lugar en donde se fabrica, el lugar donde se detecta, la zona de incidencia, etc.
- OPERADOR: Por cada operador, por cada área de trabajo, por edades, por sexo, por experiencia, por cargo, etc.
- MAQUINA o EQUIPO: Por tipo de maquina, por proceso, por trabajo, etc.
- MATERIA PRIMA: Por proveedor, por precio, por lote, por el tiempo en que entró a la planta, etc.
- MÉTODO: Por método de operación, por condiciones de operación, por lotes, por estándares de operación, etc.
- TIEMPO: Por turno, por a.m. y p.m., por estación del año, por su duración, etc.

5.0 HISTOGRAMA.

*COLAC. - CAMPANA (CURVA GAUSS)
PROMEDIO ES TENDENCIA*

Gráfico muy utilizado cuando los datos de una característica de calidad presentan una variación y se quiere conocer la distribución de dicha variación con respecto al valor promedio.

5.1 Elaboración de la Tabla de Frecuencias y el Histograma.

Tabla 5.1.1 Grado plato en mosto (°P).

	16.30	16.10	16.30	16.25	16.15	16.05	16.20	16.30	16.10	16.40	
	16.10	16.35	16.30	16.20	16.15	16.00	16.30	15.85	16.35	16.30	
	16.10	16.15	16.20	16.30	16.20	16.20	16.15	16.10	16.15	16.20	
	16.20	16.25	16.15	16.30	16.20	16.20	16.20	16.20	16.25	16.10	
	16.25	16.15	16.25	16.10	16.05	16.25	16.25	16.20	16.15	16.25	
	16.20	16.20	16.15	16.15	16.15	16.10	16.10	16.25	16.25	16.00	
	16.15	16.20	16.35	16.20	16.15	16.20	16.15	16.10	16.20	16.35	
	16.10	16.25	16.15	16.35	16.10	16.10	16.35	16.15	16.25	16.15	
	16.15	16.05	16.15	16.40	16.30	16.20	16.20	16.15	15.90	16.15	
	16.15	16.15	16.25	16.25	16.35	16.10	16.05	16.05	16.15	16.20	
MAX	16.30	16.35	16.35	16.40	16.35	16.25	16.35	16.30	16.35	16.40	16.40
min	16.10	16.05	16.15	16.10	16.05	16.00	16.05	15.85	15.90	16.00	15.85

*HISTOG. = FORMA DE DISTRIBUCION DE
= CONOCER CAMPO Y VARIACION*

a) Recopilar los datos. Cuando menos n= 50 datos. (aprox. 100 es lo deseable). Asimismo determinar la Unidad mínima de medición de los datos o la unidad mínima en que aumentan o disminuyen los datos. En este caso:

Unidad mínima de medición = 0.05

(UNIDAD MINIMA DE DATOS)

b) Encontrar el valor máximo (x_{max}) y mínimo (x_{min}) de los datos.

x_{max} = 16.40 y x_{min} = 15.85

c) Calcular el "Intervalo de Clase (c)". "c" debe ser múltiplo de la unidad mínima de medición.

$$c = \frac{x_{max} - x_{min}}{k} = \frac{16.40 - 15.85}{10} = 0.055 \rightarrow 0.05$$

k = es el número de Clases (número de barras en la gráfica). Se calcula como:

$$k = \sqrt{n} \quad \text{siendo } n = \text{número de datos. (100)}$$

Si el cálculo no es sencillo se sugiere el uso de la siguiente tabla:

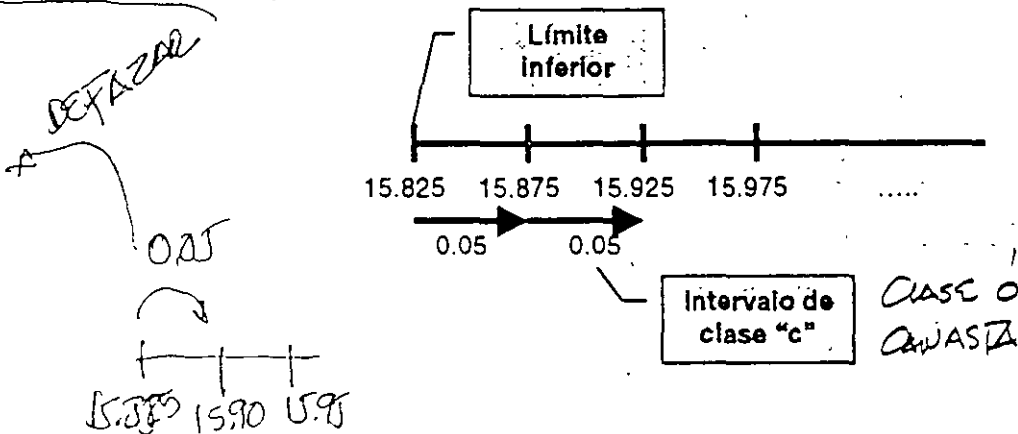
Tabla 5.1.2 Valor de k.

NUMERO DE DATOS	VALOR DE "k"
50 - 100	aprox. 6 - 10
100 - 250	7 - 12
más de 250	10 - 20

d) El límite inferior de la primera Clase se calcula:

$$\text{Límite Inferior} = x_{\max} - \frac{\text{unidad mínima de medición}}{2} = 15.85 - \frac{0.05}{2} = 15.825$$

Una vez que se define el límite inferior de la primera Clase, se le suma el Intervalo de Clase para obtener los demás límites. El límite superior de la última Clase será aquel que por primera vez sobrepase el valor máximo de x .



e) Se calcula el punto medio de cada Intervalo de Clase:

$$\text{Punto Medio de cada Clase} = \frac{\text{Límite Superior de Clase} + \text{Límite Inferior de Clase}}{2}$$

f) Se llena la Tabla de Frecuencias como sigue:

Tabla 5.1.3 Formato para la Tabla de Frecuencias.

No.	CLASE	PUNTO. MEDIO	MARCAS	FRECUENCIA
1				
2				
3				
Total				

- g) Se llena la tabla y se va marcando la Clase donde corresponde cada dato.
- h) Se suman las marcas y se determina la Frecuencia de cada Clase
- i) Se hace una Gráfica de Barras, en donde el eje de "X" representa los valores de medición (las Clases), y el eje "Y" la frecuencia. Esta gráfica se llama **Histograma**.

Tabla 5.1.4 Tabla de Frecuencias de Tiempos para cambios de aceite.

No.	Clase	Punto Medio	Marcas	Frec.
1	15.825 a 15.875	15.85	1 + 0,05	1
2	15.875 a 15.925	15.90	1	1
3	15.925 a 15.975	15.95		
4	15.975 a 16.025	16.00	12	2
5	16.025 a 16.075	16.05	12345	5
6	16.075 a 16.125	16.10	12345678901234	14
7	16.125 a 16.175	16.15	123456789012345678901234	24
8	16.175 a 16.225	16.20	123456789012345678901	21
9	16.225 a 16.275	16.25	12345678901234	14
10	16.275 a 16.325	16.30	123456789	9
11	16.325 a 16.375	16.35	1234567	7
12	16.375 a 16.425	16.40	12	2
Total				100

▶ PUNTO EL DATO SUPERIOR

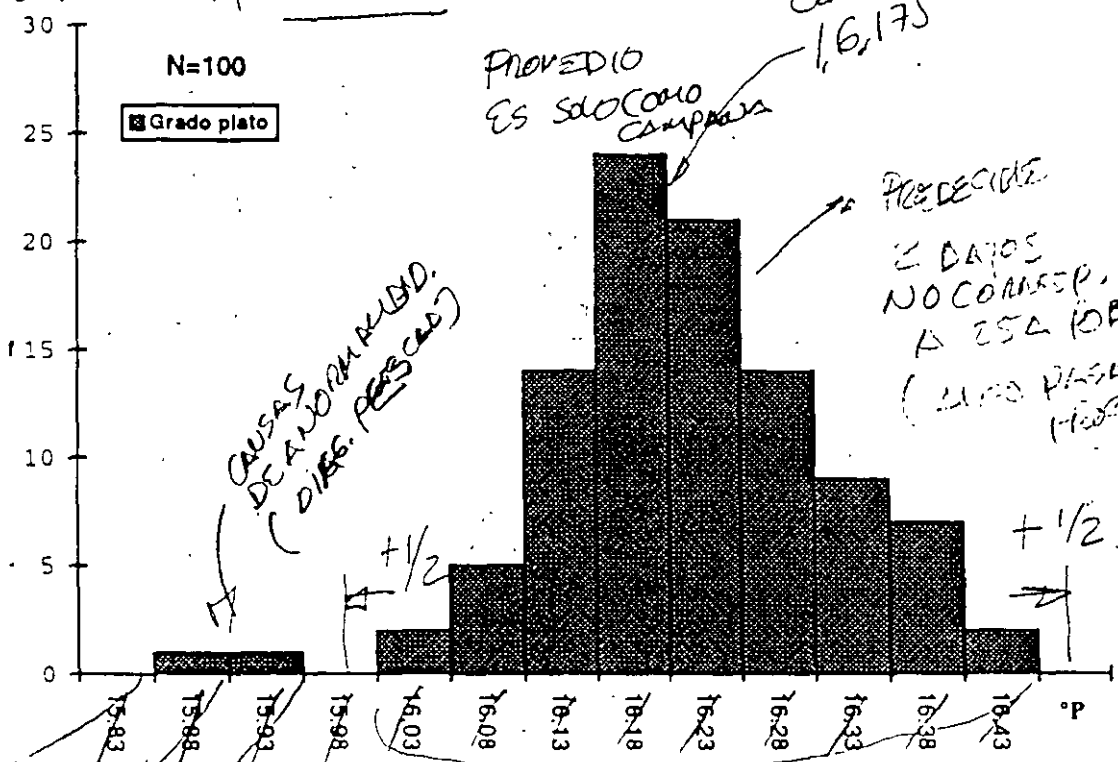


Fig. 5.1.1. Histograma de la Distribución.

5.2 Tipos de Histogramas.

Fig. 5.2.1: "General". El proceso está estable. Solo existe una sola "Campana" simétrica.

Fig. 5.2.2: "Chimuelo". Hay un problema con el aparato de medición o el calculo de las clases no es el correcto (sobre todo si el Intervalo de Clase es múltiplo de la unidad mínima de medición), o se han redondeado los datos con una tendencia particular

— A MAS DATOS MEJOR PRECISION
— EL ERROR ES MENOR
0,45 = ANCHO HISTOGRAMA
DESU. STD = 0,075

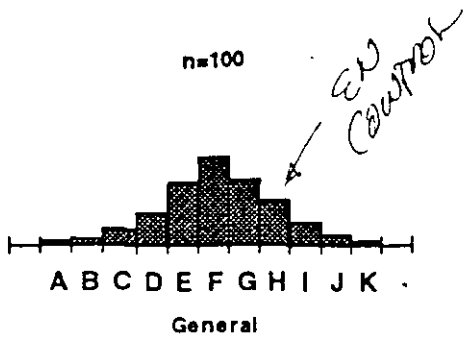


Fig. 5.2.1.

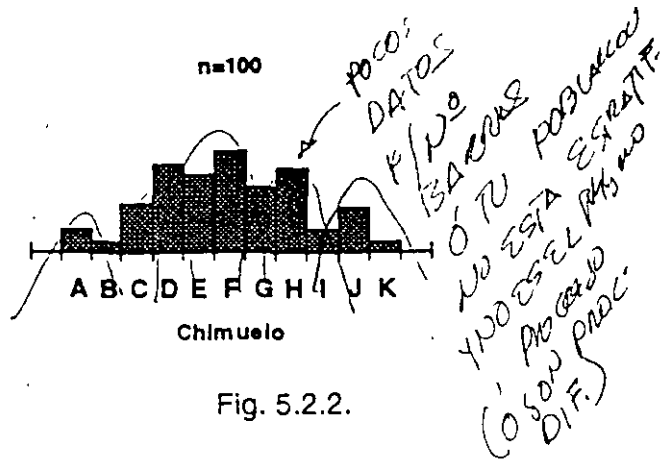


Fig. 5.2.2.

Fig. 5.2.3: "Sesgado". Cuando los datos recopilados están controlados por un limite o estándar de operación.

Fig. 5.2.4: "Precipicio". Generalmente se da cuando ante un proceso de baja productividad, la muestra se toma de productos que pasaron por una inspección al 100%.

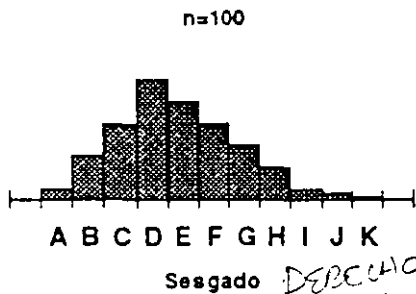


Fig. 5.2.3

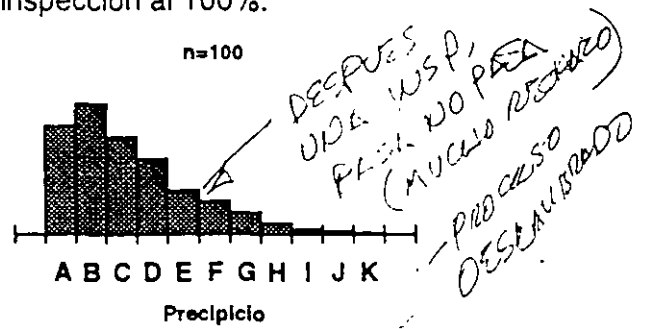


Fig. 5.2.4

Fig. 5.2.5: "Meseta". Existe una mezcla de varias distribuciones con tendencias centrales que varían.

Fig. 5.2.6: "Dos Picos". Necesidad de Estratificar, ya que seguramente se debe a la mezcla de dos poblaciones o distribuciones diferentes.

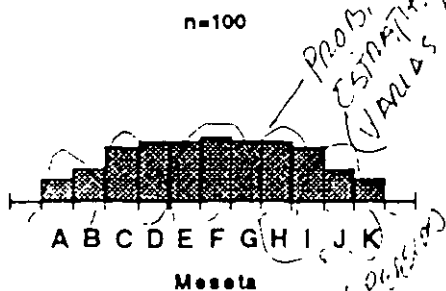


Fig. 5.2.5

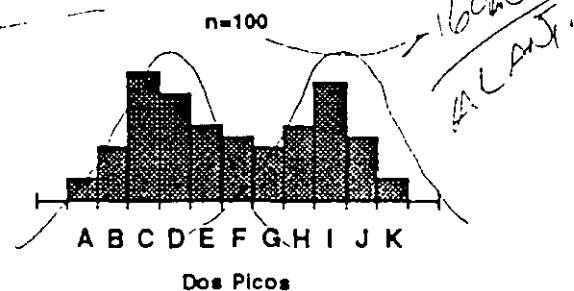


Fig. 5.2.6

Fig. 5.2.7: "Pico Aislado". Existe una anomalía en el proceso o en la materia prima, errores en la medición, o datos de un proceso diferente. Se nota una "Isla" separada del proceso principal.

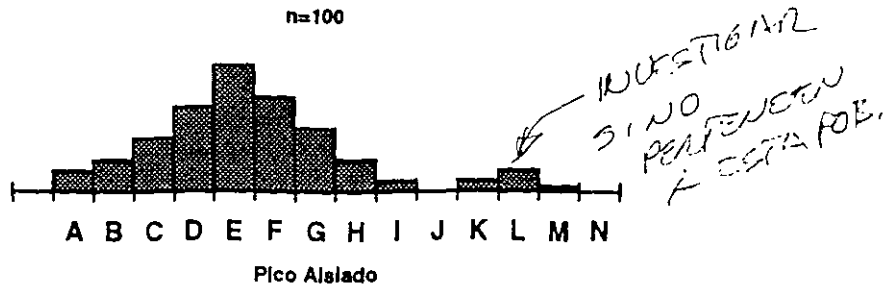


Fig. 5.2.7

5.3 Medidas de Tendencia Central.

Si quisieramos saber la tendencia central de los siguientes datos:

27.9 28.0 28.8 28.1 28.0 27.6 27.9 28.5 28.1 27.8

5.3.1 Media aritmética o promedio (\bar{x}).

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Ejemplo:

$$\bar{x} = \frac{(27.9 + 28.0 + 28.8 + 28.1 + 28.0 + 27.6 + 27.9 + 28.5 + 28.1 + 27.8)}{10} = 28.07$$

5.3.2 Mediana (\tilde{x}).

Ordenando todos los datos en orden (creciente o decreciente), se llama mediana al dato que queda justo a la mitad. Si el número de datos es par, quedarán dos datos en medio. La mediana será entonces, la media de esos dos datos.

Ejemplo:

27.6 27.8 27.9 27.9 (28.0 28.0) 28.1 28.1 28.5 28.8

La mediana es igual al dato de enmedio, pero como el número de datos es par, se calcula la media de los dos datos de enmedio:

$$\tilde{x} = \frac{(28.0 + 28.0)}{2} = 28.00$$

5.3.3 Moda.

Es el dato que más se repite dentro de un conjunto de datos.

Ejemplo:

Podría ser 27.90 , 28.0 , 28.10

5.4 Medidas de Dispersión.

Si quisieramos saber la dispersión de los siguientes datos:

27.9 28.0 28.8 28.1 28.0 27.6 27.9 28.5 28.1 27.8

5.4.1 Rango (R)

Es igual al valor máximo - valor mínimo

$$R = \text{valor máximo} - \text{valor mínimo} = 28.8 - 27.6 = 1.2$$

5.4.2 Desviación Cuadrada (Sum of Squares) (S)

Se calcula sumando el cuadrado de las distancias que cada dato tiene con respecto a su media aritmética.

$$\begin{aligned} S &= (x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + (x_3 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2 = \\ &= \sum_i^n (x_i - \bar{x})^2 = \sum_i^n x_i^2 - \frac{(\sum_i^n x_i)^2}{n} \end{aligned}$$

Ejemplo:

$$\begin{aligned} S &= \sum (27.9^2 + 28.0^2 + 28.8^2 + 28.1^2 + 28.0^2 + 27.6^2 + 27.9^2 + 28.5^2 + 28.1^2 + 27.8^2) - \\ &\quad - \frac{\sum (27.9 + 28.0 + 28.8 + 28.1 + 28.0 + 27.6 + 27.9 + 28.5 + 28.1 + 27.8)^2}{10} = \end{aligned}$$

$$S = 7880.33 - \frac{78792.49}{10} = 1.08$$

5.4.3 Varianza (V).

Es la Desviación Cuadrada dividida entre el grado de Libertad de los datos.

$$V = \frac{S}{n-1}$$

Ejemplo:

$$V = \frac{1.08}{9} = 0.12$$

5.4.4 Desviación Estándar (s).

$$s = \sqrt{V}$$

Ejemplo

$$s = \sqrt{0.12} = 0.346$$

Significado Práctico de la Desviación Estándar:

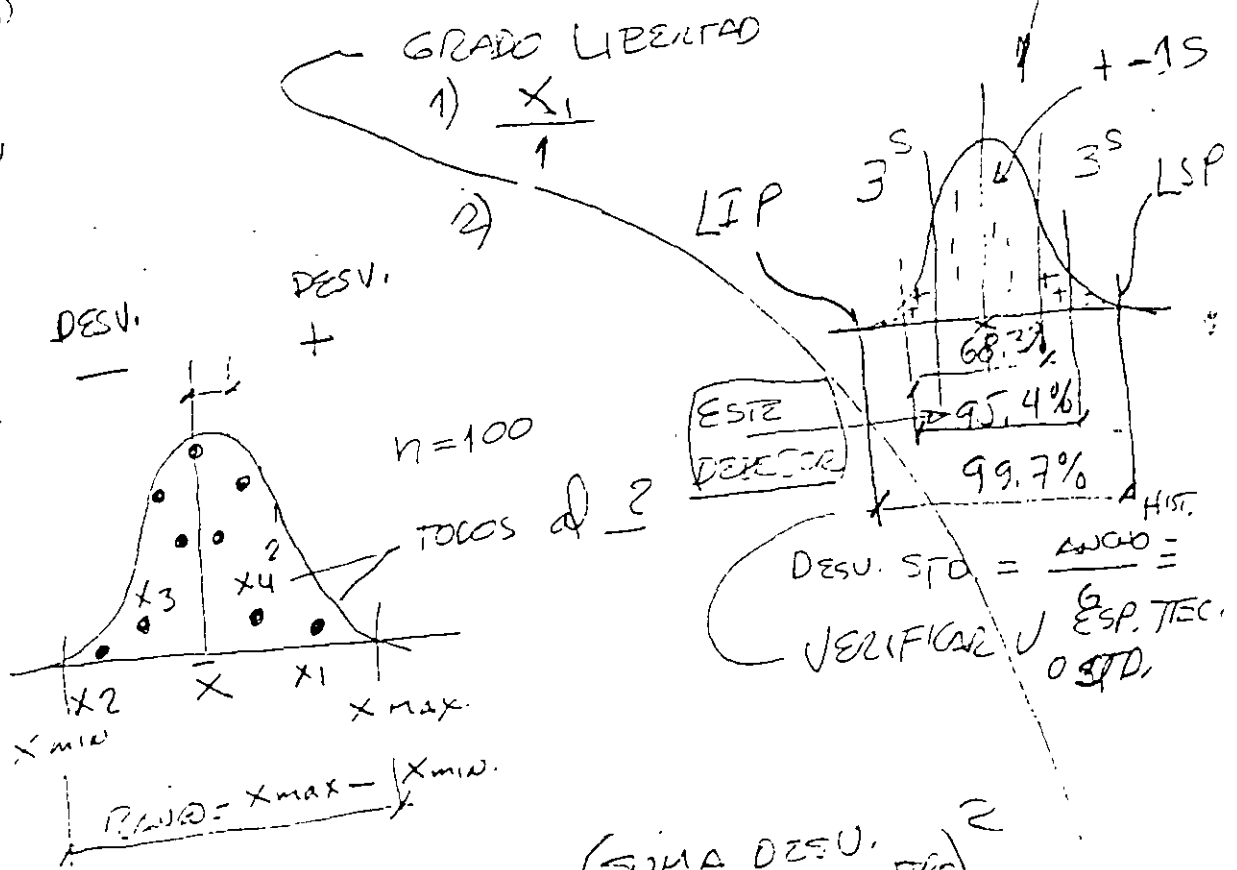
Una vez que se toma la muestra de los datos que representan una variable de un proceso y se puede estimar la tendencia central y la dispersión de la población de todo el proceso:

La Probabilidad de que el siguiente dato se encuentre en el rango comprendido entre:

Rango	Probabilidad
$\bar{x} \pm 1s$	68.3 %
$\bar{x} \pm 2s$	95.4 %
$\bar{x} \pm 3s$	99.7 %

DESVIACION STD = \sqrt{V}
 REVISAR
 REVISAR
 REVISAR

REVISAR
 ESP. TEC.



$$DESU. CUADRADA = \frac{(SUMA DESU. C/RESP. AL CENTRO)^2}{n-1}$$

$$= \sum (x_i - \bar{x})^2$$

VARIANZA: PROMEDIO DE DESU. C/RESP. AL CENTRO

$$= \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

GRADO DE LIBERTAD

5.5 Cálculo de la Media y la Desviación Estándar a partir de una Tabla de Frecuencias.

- Una vez calculadas las clases, puntos medios y las frecuencias ("f"), hacer la siguiente tabla:
- En la columna de "X" se asigna el "0" a la clase con la mayor frecuencia (el centro de la distribución) y al punto medio correspondiente se designa como "x₀"
- Una vez designado el "0" en la columna "X" se colocan los números 1,2,3,..., si el número de clase aumenta y -1,-2,-3,..., si el número de clase disminuye.
- Se multiplica el valor en la columna "f" con el valor en la columna "X" y se obtiene "fX" para cada clase.
- Se eleva al cuadrado el valor en la columna "X" (se obtiene el valor "X²") y se multiplica por el valor en la columna "f" para obtener "fX²" para cada clase.
- Se suman los valores en las columnas "fX" y "fX²" y se obtienen la correspondientes sumas "∑fX" y "∑fX²".

Tabla 5.5.1

No.	Punto medio	f	X	fX	f(X ²)=fXX
1	16.00	2	-3	-6	18
2	16.05	5	-2	-10	20
3	16.10	14	-1	-14	14
4	x ₀ = 16.15	24	0	0	0
5	16.20	21	1	21	21
6	16.25	14	2	28	56
7	16.30	9	3	27	81
8	16.35	7	4	28	112
9	16.40	2	5	10	50
suma		100		∑fX = 84	∑fX ² = 372

- Hay que recordar que "c" es el intervalo de clase (ancho de las barras en el histograma).
- Se calcula el valor de la media como sigue:

$$\bar{x} = x_0 + \frac{\sum fX}{n} (c)$$

Ancho BARRA

Calculando tenemos:

$$\bar{x} = 16.15 + \frac{84}{100} \cdot 0.05 = 16.15 + 0.0420 = 16.1920 \text{ (gp)}$$

0.0420 = 16.1920

- Se calcula la Desviación Estándar como sigue:

$$s = c \cdot \sqrt{\frac{\sum fX^2 - \frac{(\sum fX)^2}{n}}{n-1}}$$

Calculando tenemos:

$$s = 0.05 \cdot \sqrt{\frac{372 - \frac{(84)^2}{100}}{100-1}} = 0.05 \cdot \sqrt{\frac{301.44}{99}} = 0.05 \cdot \sqrt{3.0448} = 0.0872 \text{ (gp)}$$

0.0872 = 3.0928

MEDIA → No. de DECIMALES DE DATOS
 ORIGINALES MAS 1
 (+ 1 DECIMAL)
 DESV. STD. → No. de DECIMALES EN
 LA MEDIA + 1 (+1 DECIMAL)

5.6. Índice de Capacidad de Proceso.

Es el índice que nos indica la capacidad que tiene un proceso determinado de producción de satisfacer las especificaciones o estándares y se calcula de las siguientes formas, utilizando los indicadores:

- \bar{x} = Media Aritmética obtenida del Histograma
- s = Desviación Estándar obtenida del Histograma
- S_U = Especificación o Límite Superior
- S_L = Especificación o Límite Inferior

COMO ESTAMOS
 COMO DEBERIAMOS ESTAR

a) Cuando existen límites de ambos lados:

$$C_p = \frac{(S_U - S_L)}{6s}$$

b) Cuando hay un solo límite (superior o inferior):

$$C_p = \frac{(S_U - \bar{x})}{3s} \quad \text{ó} \quad C_p = \frac{(\bar{x} - S_L)}{3s}$$

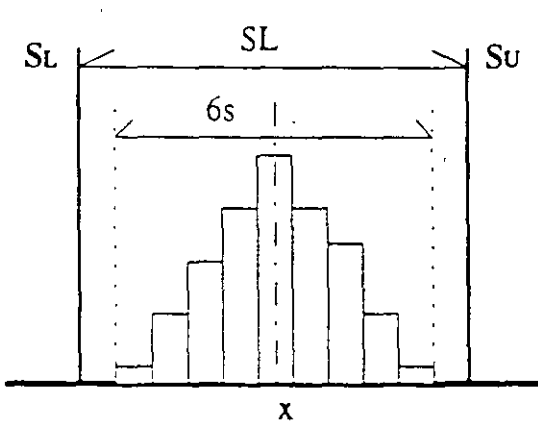


Fig. Ambos Límites

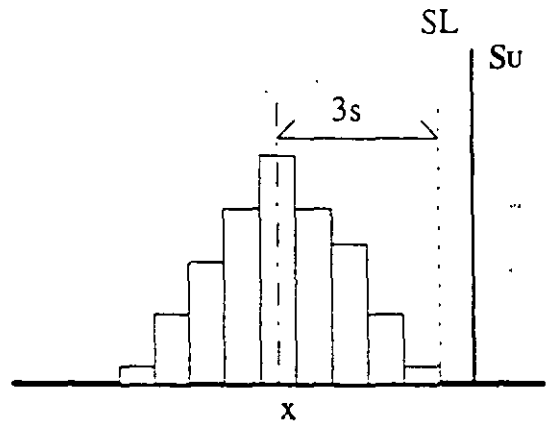


Fig. Un solo Límite

c) Cuando el centro de la distribución no corresponde al punto medio de las especificaciones

$$C_{pk} = (1 - K) (T / 6s)$$

pero K es la desviación entre la media de la distribución y el punto medio de los límites, por tanto Cpk se puede expresar:

Si:

$$K = \frac{|M - \bar{x}|}{T/2}$$

CAPACIDAD PROCESO
 MEJOR > 1 ES
 MEJORA

entonces:

$$Cpk = \frac{|S - \bar{x}|}{3s} \rightarrow S \text{ es la especificación o Límite más cercano}$$

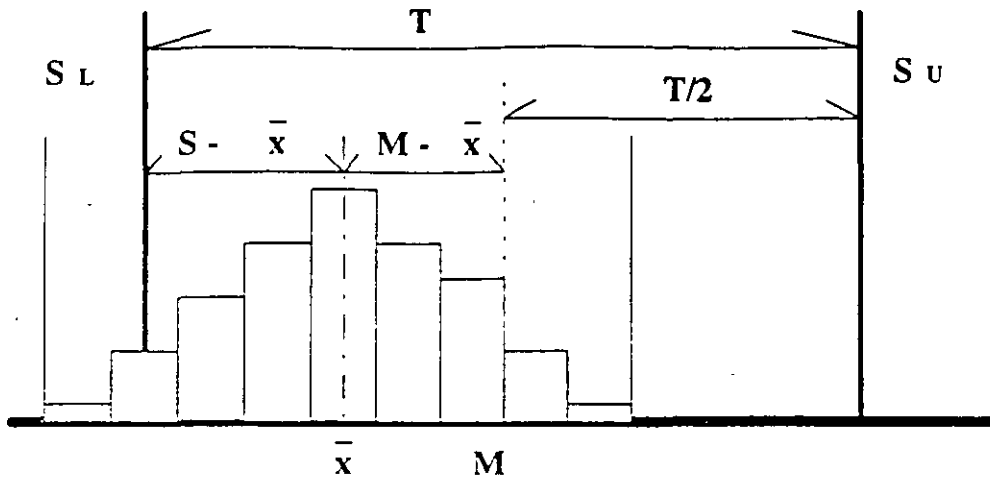


Fig. Cpk

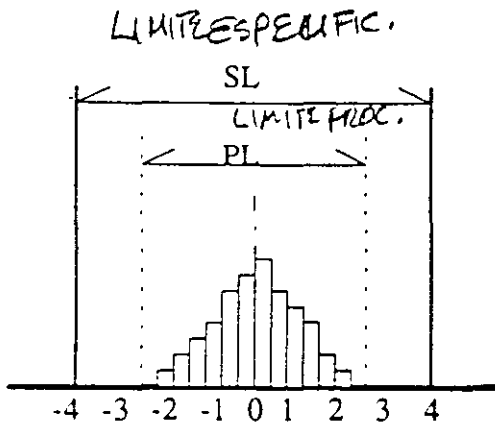
Y la decisión de si el proceso tiene o no la habilidad se determina en función de los siguientes criterios (de Cp o Cpk):

$Cp \geq 1.67$	Demasiada capacidad del proceso
$1.67 > Cp \geq 1.33$	Satisfactoria la capacidad del proceso
$1.33 > Cp \geq 1.00$	Adecuada capacidad del proceso
$1.00 > Cp \geq 0.67$	Inadecuada la capacidad del proceso
$0.67 > Cp$	Falta capacidad del proceso

5.7 Comparación de Histogramas con Límites de Especificaciones o Estándares.

Cuando se incluyen en el Histograma los límites de alguna especificación o estándar, es necesario analizar principalmente 3 aspectos:

- Si el centro de la distribución corresponde al centro de dicha especificación.
- Si no hay datos fuera de los límites de la especificación.
- Tendencias de la distribución dentro de los límites de la especificación



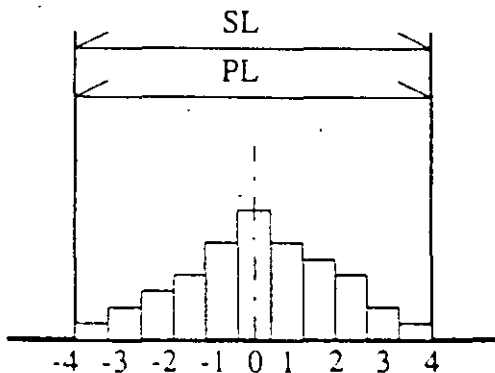
A) Suficiente capacidad de proceso.

Situación deseada de un proceso

Ejm. desv. est. = 1 y media = 0

$$C_p = 1.33$$

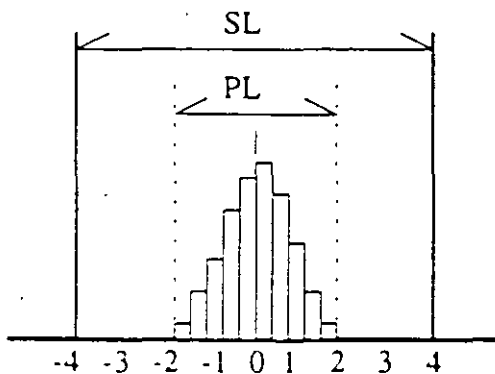
Hay una 1/3



B) PL es justo igual al SL. C_p no es suficiente.

Ejm. desv. est. = 1.33 y media = 0

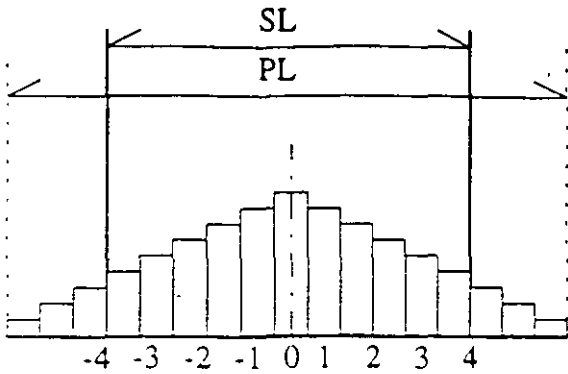
$$C_p = 1.0$$



C) Demasiada capacidad del proceso. Es mejor reconsiderar los SL y pensar en reducir los costos.

Ejm. desv. est. = 0.67 y media = 0

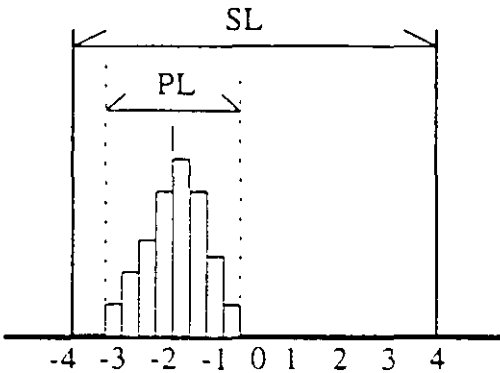
$$C_p = 2.0$$



D) PL más amplio que SL. Hay necesidad de corregir la situación. Problema de variación.

Ejm. desv.est.= 2 y media = 0

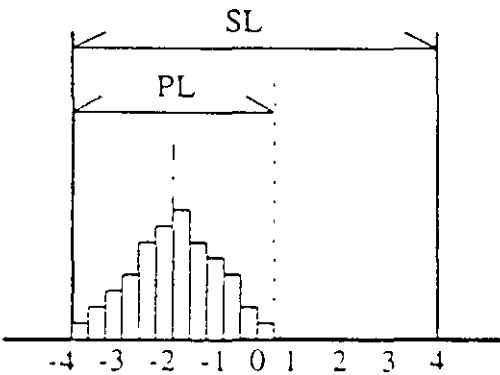
$$Cp = 0.66$$



E) El PL dentro de el SL pero deseable.

Ejm. desv. est. = 0.33 y media = -2

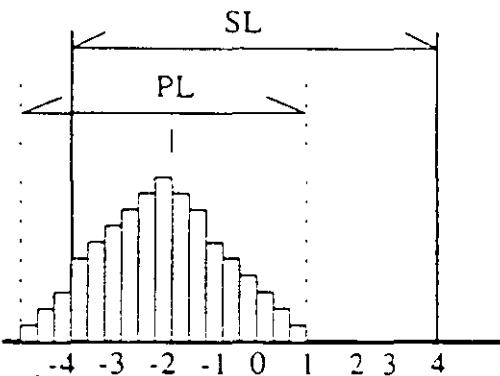
$$Cp(i) = 2.0$$



C) El PL dentro de el SL pero la media está cargada al límite inferior. Es necesario tomar acciones para corregir la situación.

Ejm. desv. est. = 0.67 y media = -2

$$Cp(i) = 1.0$$

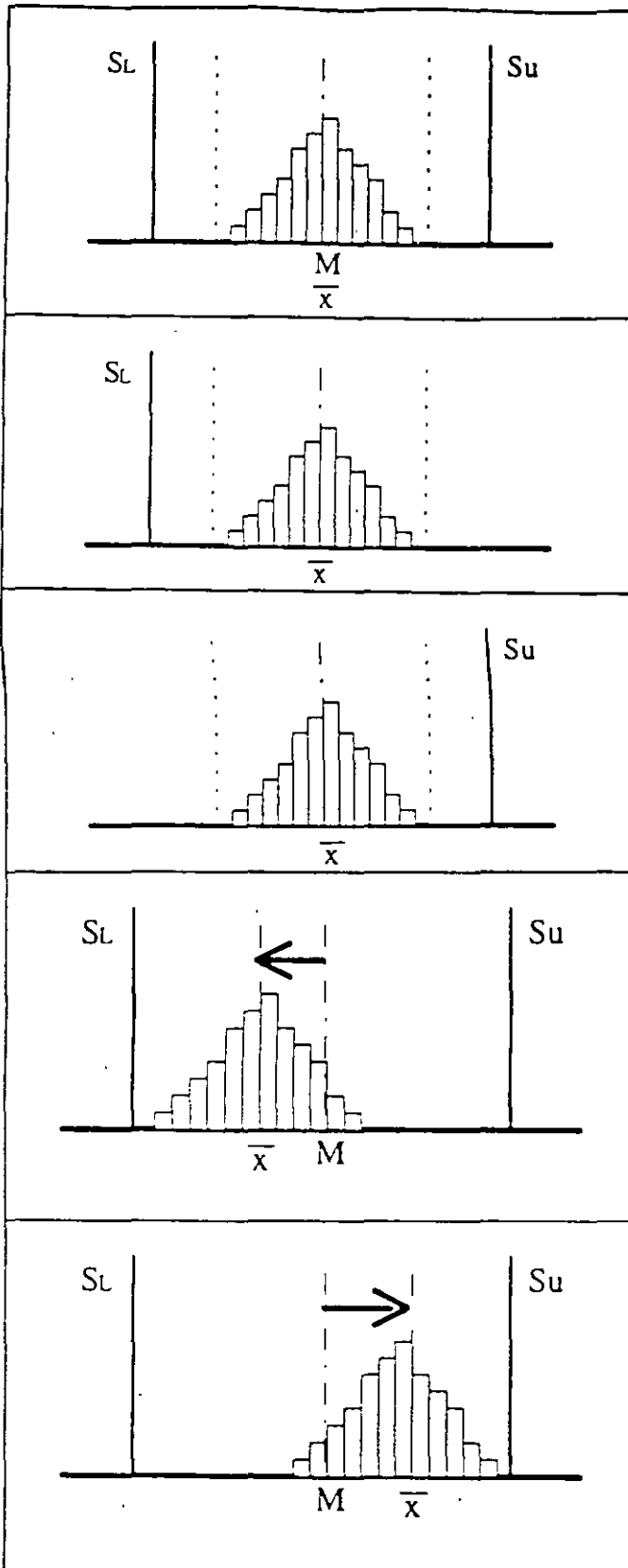


E) PL no satisface a SL. Hay necesidad de corregir la situación.

Ejm. desv.est.= 1 y media = -2

$$Cp = 0.66$$

5.8 Resumen para el cálculo de la capacidad de proceso.



- I. Hay que satisfacer ambas especificaciones (inferior y superior) y la media o centro del proceso coincide con el punto medio de las especificaciones.

$$Cp = \frac{Su - SL}{6s}$$

- II. Solamente se tiene que satisfacer la especificación inferior "SL".

$$Cp = \frac{\bar{x} - SL}{3s}$$

- III. Solamente se tiene que satisfacer la especificación superior "Su".

$$Cp = \frac{Su - \bar{x}}{3s}$$

- IV. Hay que satisfacer ambas especificaciones (inferior y superior) y la media o centro del proceso NO coincide con el punto medio de las especificaciones.

Si se acerca a la especificación inferior:

$$Cpk = \frac{|SL - \bar{x}|}{3s}$$

- V. Hay que satisfacer ambas especificaciones (inferior y superior) y la media o centro del proceso NO coincide con el punto medio de las especificaciones.

Si se acerca a la especificación superior:

$$Cpk = \frac{|Su - \bar{x}|}{3s}$$

5.9 Caso de reflexión.

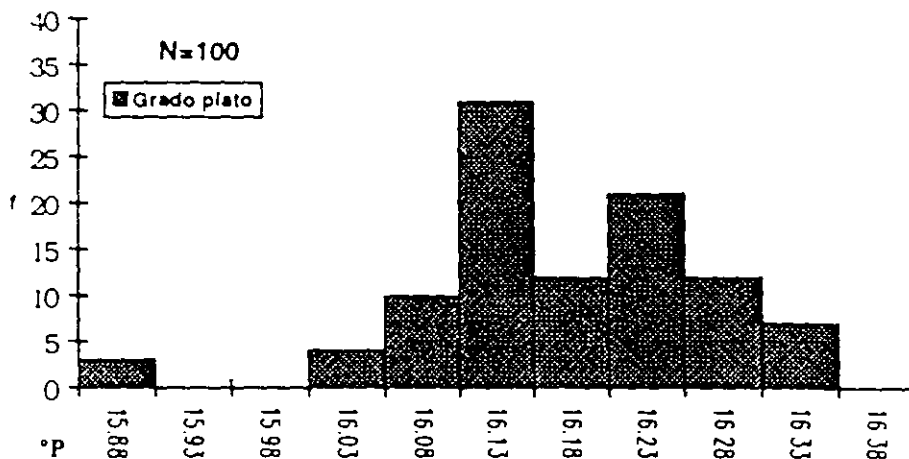
Si utilizamos los datos reales del grado plato en mosto obtenemos lo siguiente:

16.30	16.35	16.30	16.30	16.20	16.20	16.25	16.35	16.35	16.20		
16.10	16.15	16.20	16.30	16.20	16.25	16.25	16.15	16.15	16.20		
16.10	16.25	16.15	16.10	16.05	16.10	16.10	16.25	16.25	16.05		
16.25	16.15	16.25	16.15	16.15	16.20	16.15	16.15	16.15	16.15		
16.25	16.25	16.15	16.25	16.15	16.15	16.35	16.25	16.15	16.15		
16.15	16.25	16.35	16.35	16.10	16.20	16.20	16.35	16.30	16.10		
16.15	16.25	16.15	16.15	16.30	16.10	15.90	16.15	16.30	16.30		
16.15	15.90	16.15	16.25	16.05	16.20	16.25	16.15	16.10	16.05		
16.15	16.30	16.25	16.15	16.15	16.30	15.90	16.25	16.15	16.15		
16.10	16.30	16.25	16.15	16.20	16.15	16.30	16.25	16.25	16.20		
min	16.10	15.90	16.15	16.10	16.05	16.10	15.90	16.15	16.10	16.05	15.90
MAX	16.30	16.35	16.35	16.35	16.30	16.30	16.35	16.35	16.35	16.30	16.35

Datos:

- Unidad mínima de medición= 0.05
- $c = (16.35 - 15.90) / 10 = 0.045$ se redondea a 0.05

No.	Clase	Punto Medio	Marcas	Frec.
1	15.875 a 15.925	15.90	123	3
2	15.925 a 15.975	15.95		0
3	15.975 a 16.025	16.00		0
4	16.025 a 16.075	16.05	1234	4
5	16.075 a 16.125	16.10	1234567890	10
6	16.125 a 16.175	16.15	1234567890123456789012345678901	31
7	16.175 a 16.225	16.20	123456789012	12
8	16.225 a 16.275	16.25	123456789012345678901	21
9	16.275 a 16.325	16.30	123456789012	12
10	16.325 a 16.375	16.35	1234567	7
Total				100



5.10 Otros parámetros

Sesgo (Skewness).

Es el grado de asimetría de una distribución. Si los valores extremos se dan hacia la derecha del centro de la curva de frecuencia de una distribución, entonces se dice que tiene un sesgo hacia la derecha o sesgo positivo. Si por el contrario los valores extremos se dan hacia la izquierda del centro de la distribución, entonces se dice que se tiene un sesgo hacia la izquierda o negativo.

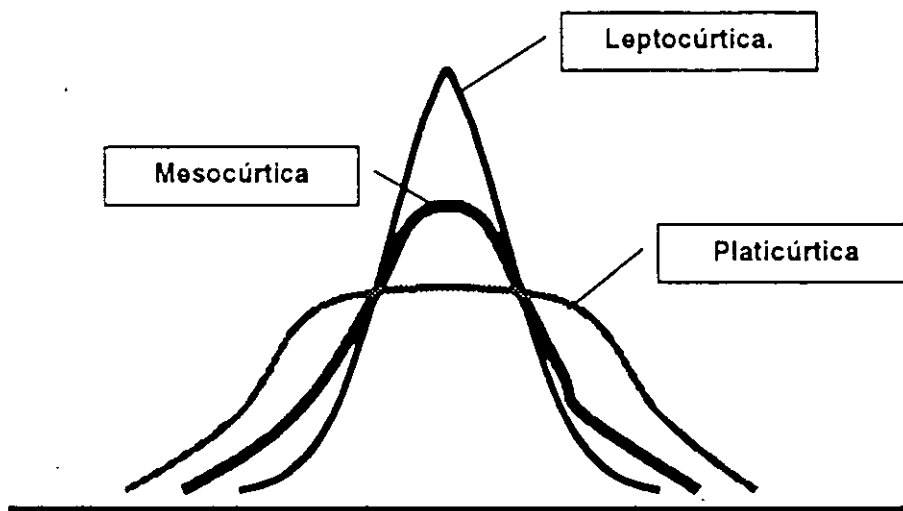
El sesgo se puede calcular empíricamente con la siguiente fórmula:

$$\text{Sesgo} = \frac{\text{Media} - \text{Moda}}{\text{Desviación Estandar}}$$

Curtosis (Kurtosis).

Es el grado de apuntalamiento de una distribución.

Para una curva normal es 0 (curva mesocúrtica), positiva para una curva leptocúrtica y negativa para una curva platicúrtica.



6.0 GRÁFICAS.

6.1 Gráficas Generales.

- Gráficas de Barras
- Gráficas de Líneas (Series de Tiempo)
- Gráficas de Pastel (Pay o Quesos)
- Otros

7.0 GRÁFICAS DE CONTROL.

La calidad de los productos manufacturados en un proceso varía, es decir, existe la dispersión. En general, la variación en la calidad se debe a múltiples causas pero podemos clasificarlas en 2: **Causas del Azar** (chance cause) y **Causas Asignables o de Anormalidad** (assignable cause).

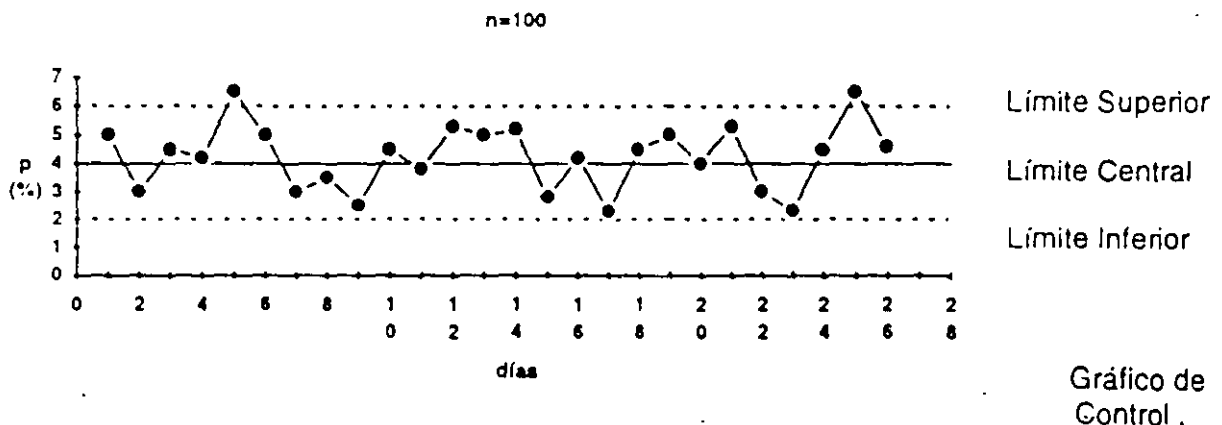
La variación debida a Causas del Azar se da a pesar seguir correctamente las operaciones y estándares, previamente investigados los materiales, métodos de trabajo y medios.

La variación debida a causas de anomalía se debe a una falla en los estándares o métodos de producción, al incumplimiento de los mismos, etc. Es una variación no aceptable y su causa se debe investigar para que la situación anormal se solucione y evite la reincidencia.

El Gráfico de Control es una herramienta para analizar el control de un proceso. Con el objetivo de detectar las anomalías en el proceso, este gráfico fue inventado por el **Dr. W.A. Shewhart** basado en la teoría de las Pruebas de Hipótesis y el Método de las 3 Sigmas (o 3 desviaciones estándar)

Un gráfico de control consta principalmente de 3 líneas:

- a) El valor esperado de la característica de calidad: **Línea Central (CL=Central limit)**
- b) Los límites que determinan la estabilidad y normalidad del proceso: **Límite Superior de Control (UCL=Upper control limit)** y **Límite Inferior de Control (LCL=Lower control limit)**.



Dependiendo del tipo de dato (Característica de Calidad que se mida) se aplica un Gráfico de Control diferente:

Tabla 7.1 Tipos de Gráficos de Control.

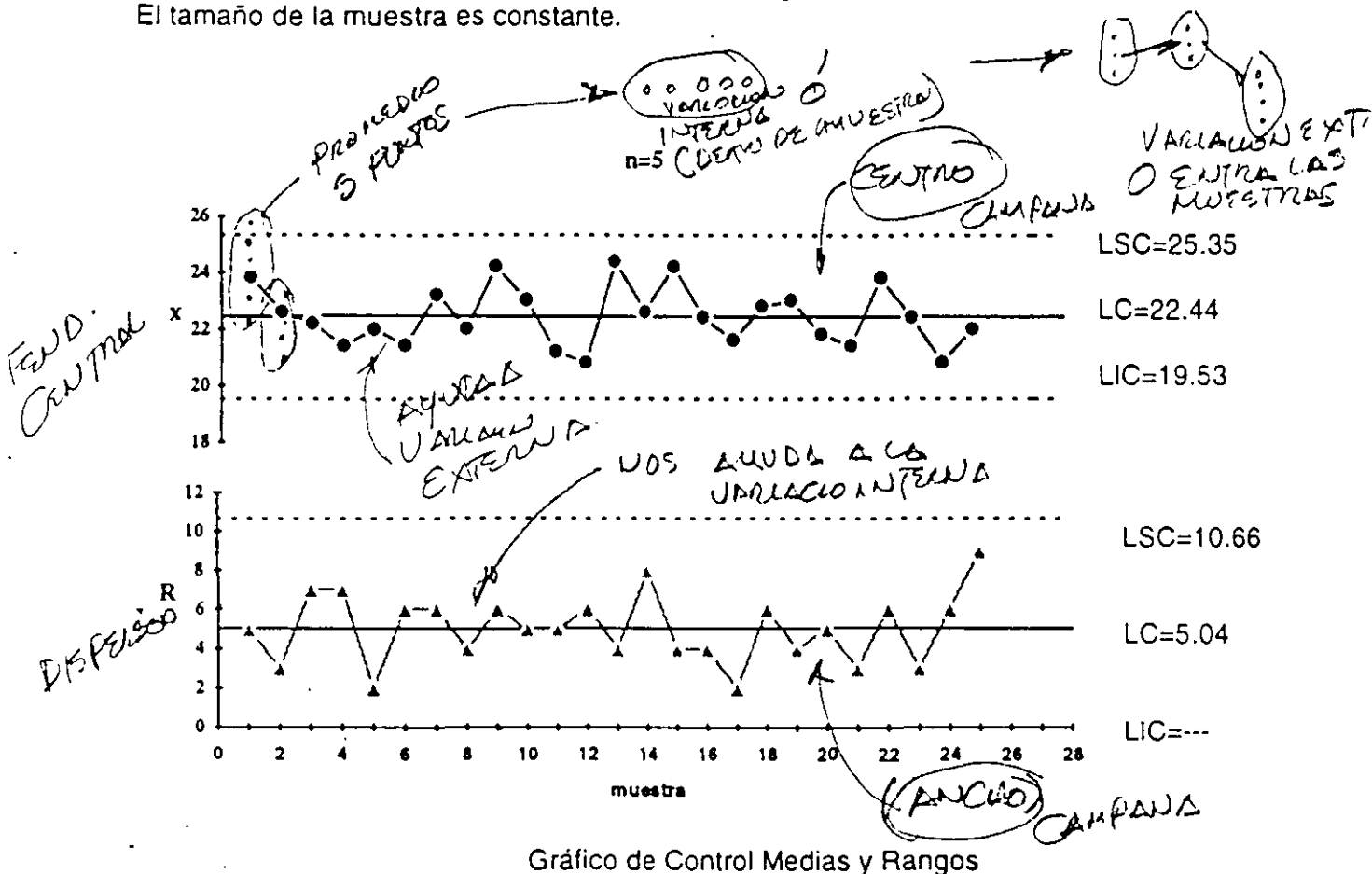
DATOS CONTINUOS	DATOS DISCRETOS
Tipo R (del Rango)	Tipo p (del % de productos defectuosos)
Tipo \bar{x} (de la Media)	Tipo pn (del No. de productos defectuosos)
Tipo \tilde{x} (de la Mediana)	Tipo u (de No. de Defectos o fallas por unidad de medición)
Tipo x (de c/u de los datos)	Tipo c (de No. de Defectos o fallas)

7.1 Gráfico de Control R.

Para controlar y analizar la variación dentro de las muestras. El tamaño de la muestra es constante.

7.2 Gráfico de Control \bar{x} .

Para controlar y analizar la variación entre muestra y muestra, de la Media de la Característica de Calidad, en cuestión. Raramente se utiliza sola, generalmente va combinada con el Gráfico R. El tamaño de la muestra es constante.



26-21 = 5 5

Gráfico $\bar{x} - R$

No.	x1	x2	x3	x4	x5	Sum x	\bar{x}	R
01	26	21	23	25	24	119	23.8	5
02	23	21	22	24	23	113	22.6	3
03	21	20	21	22	27	111	22.2	7
04	24	21	23	22	17	107	21.4	7
05	22	22	23	22	21	110	22.0	2
06	18	24	21	21	23	107	21.4	6
07	21	22	23	27	23	116	23.2	6
08	21	24	22	23	20	110	22.2	4
09	21	25	24	24	27	121	24.2	6
10	23	24	26	21	21	115	23.0	5
11	21	22	19	24	20	106	21.2	5
12	23	17	21	22	21	104	20.8	6
13	25	27	24	23	23	122	24.4	4
14	21	24	19	27	22	113	22.6	8
15	26	26	23	22	24	121	24.2	4
16	21	24	20	23	24	112	22.4	4
17	21	23	21	21	22	108	21.6	2
18	24	22	24	19	25	114	22.8	6
19	21	25	24	23	22	115	23.0	4
20	20	23	24	19	23	109	21.8	5
21	21	20	22	23	21	107	21.4	3
22	27	24	25	22	21	119	23.8	6
23	24	22	23	21	22	112	22.4	3
24	18	24	20	21	21	104	20.8	6
25	25	16	24	21	24	110	22.0	9
Limites						Total	561.0	126
\bar{x}	$A_2 \bar{R} = 0.577 \times 5.04 = 2.91$					Media	22.44	5.04
	$LSC = \bar{x} + A_2 \bar{R} = 25.35$					$\div 25$ (MUESTRA) $\div 25$ (MUESTRA)		
	$LC = \bar{x} = 22.44$							
	$LIC = \bar{x} - A_2 \bar{R} = 19.53$							
R	$LSC = D_4 \bar{R} = 2.115 \times 5.04 = 10.66$							
	$LC = \bar{R} = 5.04$							
	$LIC = D_3 \bar{R} = \dots$							

MUESTRA

DATO

7.3 Gráfico de Control \bar{x}

En lugar de la Media, se usa la Mediana, y sirve para analizar también la variación entre muestra y muestra. Se necesitan menos cálculos que el Gráfico de medianas, por lo que fácilmente se utiliza en las áreas productivas. El tamaño de la muestra es constante.

7.4 Gráfico de Control x.

Cuando de un lote el tamaño de la muestra necesariamente es 1 (1 dato), cuando el intervalo de tiempo entre una medición y otra es muy largo o cuando se quieren tomar decisiones y no se puede esperar a obtener la media y el rango de un número "n" de datos, este gráfico es muy usado.

Es un gráfico de control en donde se grafican los datos en el orden en que se van tomando.

Existen dos métodos para calcular los límites de control de este tipo de Gráficos:

1.- Cuando se pueden agrupar los datos racionalmente:

COMPLEMENTO
UNSP. DE 1 x 1

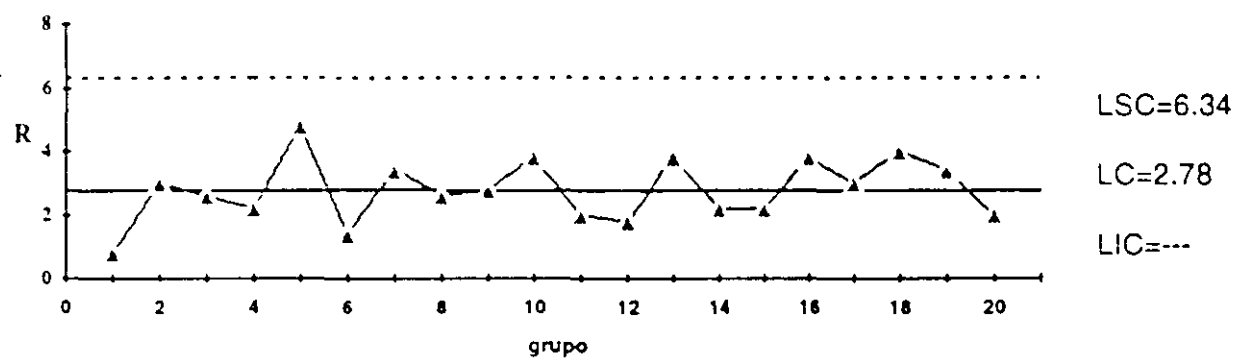
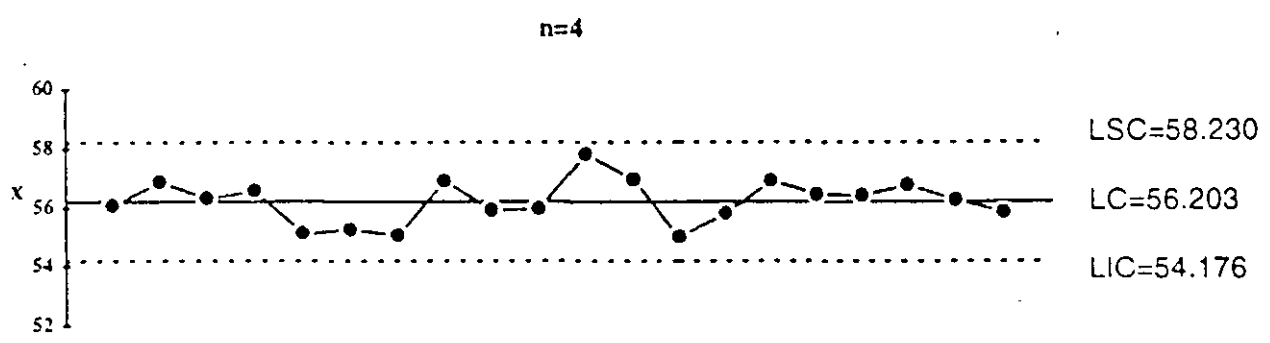
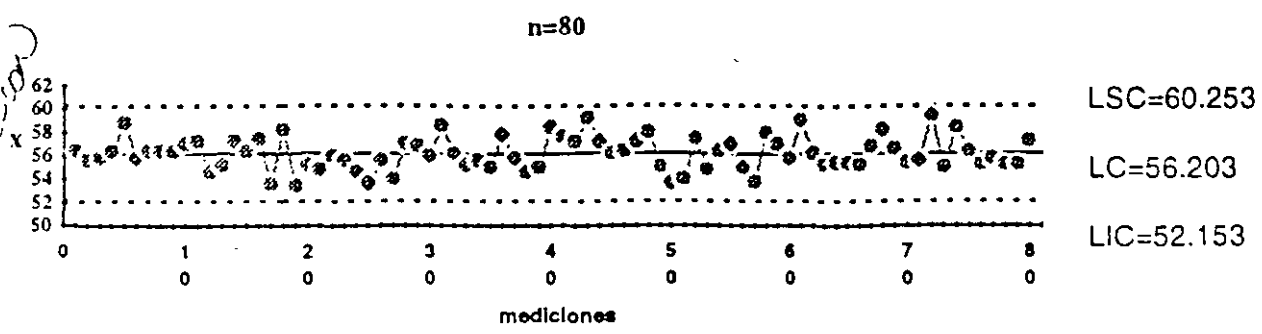
$x_1 - x_2 =$

Gráfico x (Mediciones)							
No.	Muestra	x1	x2	x3	x4	\bar{x}	R
01	1-4	56.4	55.6	55.8	56.4	56.05	0.8
02	5-8	58.8	55.8	56.4	56.4	56.85	3.0
03	9-12	56.4	57.0	57.2	54.6	56.30	2.6
04	13-16	55.2	57.2	56.4	57.4	56.55	2.2
05	17-20	53.6	58.2	53.4	55.2	55.10	4.8
06	21-24	54.8	56.0	55.6	54.6	55.25	1.4
07	25-28	53.6	55.6	54.0	57.0	55.05	3.4
08	29-32	56.8	56.0	58.6	56.2	56.90	2.6
09	33-36	55.2	55.6	55.0	57.8	55.90	2.8
10	37-40	55.8	54.6	55.0	58.4	55.95	3.8
11	41-44	57.6	57.2	59.2	57.2	57.80	2.0
12	45-48	56.2	56.4	57.2	58.0	56.95	1.8
13	49-52	55.0	53.6	54.0	57.4	55.00	3.8
14	53-56	54.8	56.4	57.0	55.0	55.80	2.2
15	57-60	53.8	58.0	57.0	55.8	56.90	2.2
16	61-64	59.0	56.2	55.2	55.4	56.45	3.8
17	65-68	55.4	55.2	56.8	58.2	56.40	3.0
18	69-72	56.6	55.4	55.6	59.4	56.75	4.0
19	73-76	55.0	58.4	56.4	55.2	56.25	3.4
20	77-80	55.8	55.2	55.2	57.2	55.85	2.0
Media						56.203	2.78

Límites

\bar{x}	$E_2 \bar{R} = 1.457 \times 2.78 = 4.050$ $LSC = \bar{x} + E_2 \bar{R} = 60.253$ $LC = \bar{x} = 56.203$ $LIC = \bar{x} - E_2 \bar{R} = 52.153$	R	$LSC = D_4 \bar{R} = 2.282 \times 2.78 = 6.34$ $LC = \bar{R} = 2.78$ $LIC = D_3 \bar{R} = \dots\dots\dots$
	$A_2 \bar{R} = 0.729 \times 2.78 = 2.027$ $LSC = \bar{x} + A_2 \bar{R} = 58.230$ $LC = \bar{x} = 56.203$ $LIC = \bar{x} - A_2 \bar{R} = 54.176$		Para la muestra tamaño 4: • $E_2 = 1.457$ • $A_2 = 0.729$

DISPERSION



Gráfica 7.4.1 Gráfico de Control Mediciones comparando con Medias y Rangos

2.- Cuando no hay forma de agruparlos racionalmente:

→ RANGO SUCESIVO (AS SUCESIVO)
 → DIF. DE LOS PUNTOS DE FORMA SUAVIZADA

→ GRACIA
 → RANGO MOVIL O MED. DIRETA
 → SEGUIMIENTO DE LOS PUNTOS

Gráfico x (Mediciones)

No.	x	Rs	No.	x	Rs	No.	x	Rs
1	56.4	-	29	56.8	0.2	57	56.8	1.8
2	55.6	0.8	30	56.0	0.8	58	58.0	1.2
3	55.8	0.2	31	58.0	2.0	59	57.0	1.0
4	56.4	0.6	32	56.2	1.8	60	55.8	1.2
5	58.8	2.4	33	55.2	1.0	61	59.0	3.2
6	55.8	3.0	34	55.6	0.4	62	56.2	2.8
7	56.4	0.6	35	55.0	0.6	63	55.2	1.0
8	56.4	0.0	36	57.8	2.8	64	55.4	0.2
9	56.4	0.0	37	55.8	2.0	65	55.4	0.0
10	57.0	0.6	38	54.6	1.2	66	55.2	0.2
11	57.2	0.2	39	55.0	0.4	67	56.8	1.6
12	54.6	2.6	40	58.4	3.4	68	58.2	1.4
13	55.2	0.6	41	57.6	0.8	69	56.6	1.6
14	57.2	2.0	42	57.2	0.4	70	55.4	1.2
15	56.4	0.8	43	59.2	2.0	71	55.6	0.2
16	57.4	1.0	44	57.2	2.0	72	59.4	3.8
17	53.6	3.8	45	56.2	1.0	73	55.0	4.4
18	58.2	4.6	46	56.4	0.2	74	58.4	3.4
19	53.4	4.8	47	57.2	0.8	75	56.4	2.0
20	55.2	1.8	48	58.0	0.8	76	55.2	1.2
21	54.8	0.4	49	55.0	3.0	77	55.8	0.6
22	56.0	1.2	50	53.6	1.4	78	55.2	0.6
23	55.6	0.4	51	54.0	0.4	79	55.2	0.0
24	54.6	1.0	52	57.4	3.4	80	57.2	2.0
25	53.6	1.0	53	54.8	2.6			
26	55.6	2.0	54	56.4	1.6			
27	54.0	1.6	55	57.0	0.6	Suma	4495.6	117.2
28	57.0	3.0	56	55.0	2.0	Media	56.20	1.484

x	LC = $\bar{x} = 56.20$	Rs	LC = $\bar{R}_s = 1.484$
	LSC = $\bar{x} + E_2 \bar{R}_s = 56.20 + 2.66(1.484) = 60.15$		LSC = $D_4 \bar{R}_s = 3.267(1.484) = 4.85$
	LIC = $\bar{x} - E_2 \bar{R}_s = 56.20 - 2.66(1.484) = 52.25$		LIC = $D_3 \bar{R}_s = \dots$

TAMANO DE MUESTRA ES = 2

A diferencia de cuando se pueden agrupar las mediciones como en el caso 1, o como con el Gráfico de Medias y Rangos en donde el tamaño de muestra es mayor a 1 y se calcula una dispersión (rango) por cada muestra, ahora la medida de dispersión se establece con el Rango resultante entre la medición presente y la pasada. Es un Rango "móvil" llamado también Rango Sucesivo (R_s).

$$R_{s_i} = |x_i - x_{i-1}|$$

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{k} = \frac{4495.6}{80} = 56.20$$

$$\bar{R}_s = \frac{\sum R_{s_i}}{(k-1)} = \frac{117.2}{(80-1)} = 1.484$$

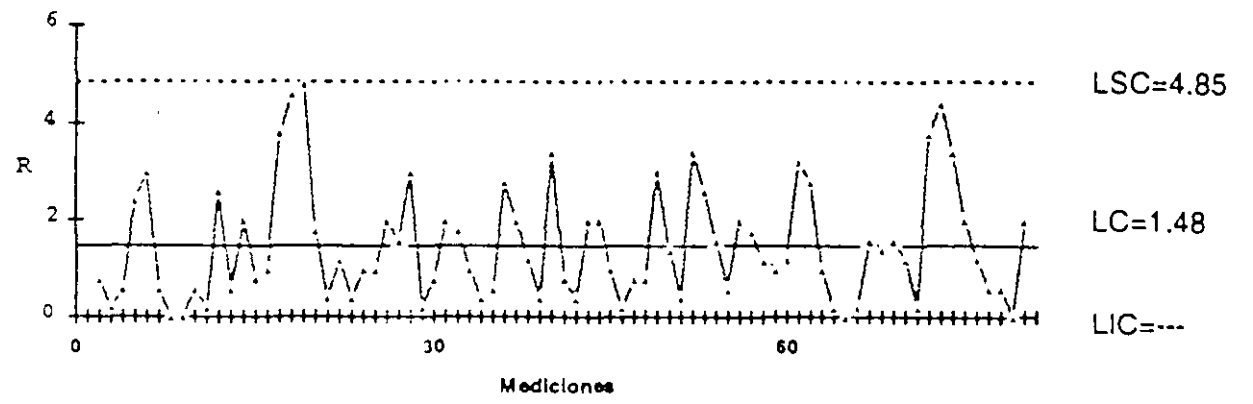
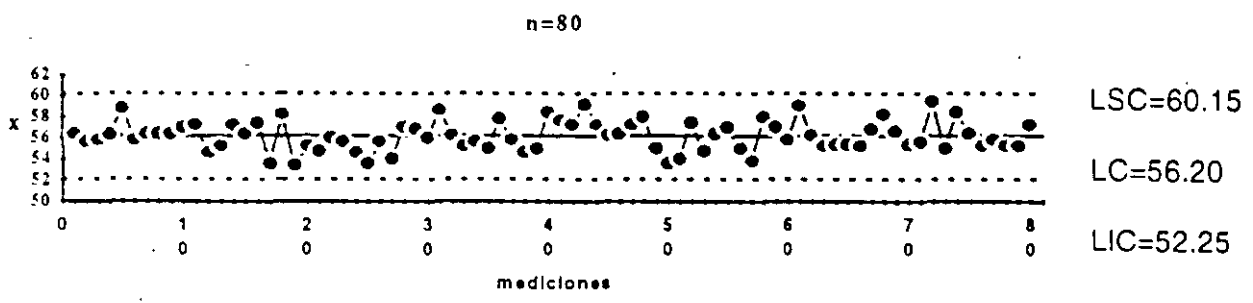


Fig. 7.4.2 Gráfico de Control de Mediciones y Rangos Secuenciales

7.5 Gráfico de Control pn .

Muy utilizado para controlar y analizar directamente el número de productos defectuosos en la línea de producción. Es el mismo objetivo que el Gráfico p con la diferencia de que el tamaño de la muestra debe ser constante.

Gráfico pn (No. de Defectuosos/muestra).

k	n	pn	p = pn/n
01	500	12	0.024
02	500	16	0.032
03	500	22	0.044
04	500	12	0.024
05	500	25	0.050
06	500	15	0.030
07	500	19	0.038
08	500	16	0.032
09	500	14	0.028
10	500	18	0.036
11	500	15	0.030
12	500	18	0.036
13	500	24	0.048
14	500	17	0.034
15	500	12	0.024
16	500	18	0.036
17	500	13	0.026
18	500	13	0.026
19	500	21	0.042
k=20	500	17	0.034
Total	10 000	337	
Media		$\bar{pn} = 16.85$	$\bar{p} = 0.0337$

MUESTRA

PROD. DEF.
MUESTRA
Tamaño

$$\bar{pn} = \sum pn / k = 337 / 20 = 16.85$$

$$\bar{p} = \sum (pn) / (n * k) = 337 / (20 * 500) = 0.0337$$

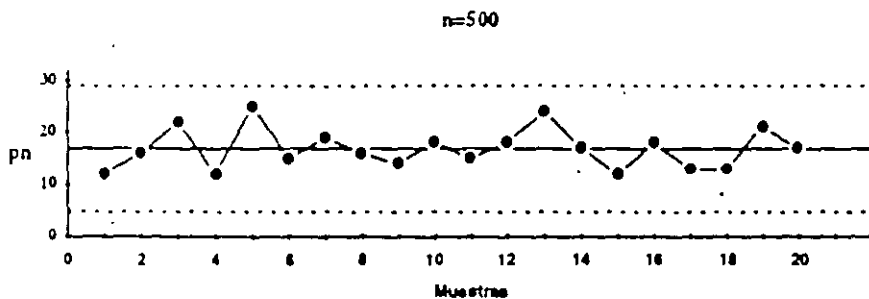
$$\bar{pn}(1 - \bar{p}) = 16.85(1 - 0.0337) = 16.28$$

$$LSC = \bar{pn} + 3\sqrt{\bar{pn}(1 - \bar{p})} = 28.95$$

$$LC = \bar{pn} = 16.85$$

$$LIC = \bar{pn} - 3\sqrt{\bar{pn}(1 - \bar{p})} = 4.75$$

PROD. RECHAZO
PROD. RECHAZO
POR DIA



LSC=29.0
LC=16.8
LIC=4.7

Gráfico de Control pn

7.6 Gráfico de Control p.

Muy utilizado para controlar y analizar el Porcentaje de productos defectuosos en la línea de producción y la variación entre una y otra muestra, cuyo tamaño puede variar.

Gráfico p (% de Defectos/muestra).

No.	n	pn	$P = pn/n$
01	250	21	0.084
02	250	7	0.028
03	250	10	0.040
04	200	6	0.030
05	250	7	0.028
06	250	15	0.060
07	200	0	0.0
08	250	8	0.032
09	250	2	0.008
10	200	4	0.020
11	250	26	0.104
12	250	5	0.020
13	200	3	0.015
14	200	5	0.025
15	250	8	0.032
16	250	19	0.076
17	200	8	0.040
18	200	11	0.055
19	250	9	0.036
20	200	9	0.045
21	200	12	0.060
22	200	16	0.080
23	250	7	0.028
24	250	13	0.052
Total	5500	231	
Media			$\bar{p} = 0.0420$

*TRAZADO
DEL
LÍNEA*

$$\bar{p} = \frac{\sum pn}{\sum n} = \frac{231}{5500} = 0.0420$$

$$\bar{p}(1 - \bar{p}) = 0.042(1 - 0.042) = 0.0402$$

$$LSC(200) = 0.042 + 3\sqrt{\frac{0.0402}{200}} = 0.0846$$

$$LSC(250) = 0.042 + 3\sqrt{\frac{0.0402}{250}} = 0.0801$$

$$LC = 0.0420$$

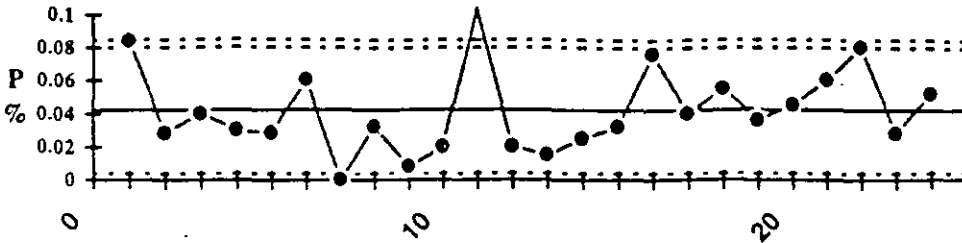
$$LIC(200) = 0.042 - 3\sqrt{\frac{0.0402}{200}} = -0.0005 = 0.0$$

$$LIC(250) = 0.042 - 3\sqrt{\frac{0.0402}{250}} = 0.0396$$

*TAMAJO
DELO
DELO*

*DEBE SER EL MAS RESTRICTO
LIMITE / FORM., EL QUE MAS SE USA*

n=200 y 250



LSC(200)=0.0846
LSC(250)=0.0801

LC=0.0420
LIC(250)=0.0039
LIC(200)=0.0000

Gráfico p de
Porcentaje
Defectuoso.

7.7 Gráfico de Control c.

Se gráfica directamente el número de fallas o defectos y se utiliza para controlar y analizar directamente la variación en el número de fallas o defectos que aparecen en una unidad de producción constante (Ejm. no. de fisuras en un lote de lamina).. Tiene el mismo objetivo que el Gráfico u pero el tamaño de la muestra o unidad de producción debe ser constante.

Gráfico c (No. de fallas)

k.	No. Lote	c
01	S1	4
02	D3	5
03	F2	7
04	A2	4
05	M2	3
06	B1	4
07	C8	5
08	C9	3
09	N6	4
10	N2	7
11	A3	5
12	H6	6
13	G5	4
14	I8	3
15	F5	4
16	Z2	2
17	X4	6
18	L9	7
19	J8	3
k=20	N7	4
Total		90
Media		4.5

$$\bar{c} = \sum c/k = 90/20 = 4.5$$

$$LSC = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} = 10.86,$$

$$LC = \bar{c} = 4.5,$$

$$LIC = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} = -1.86 = 0.0$$

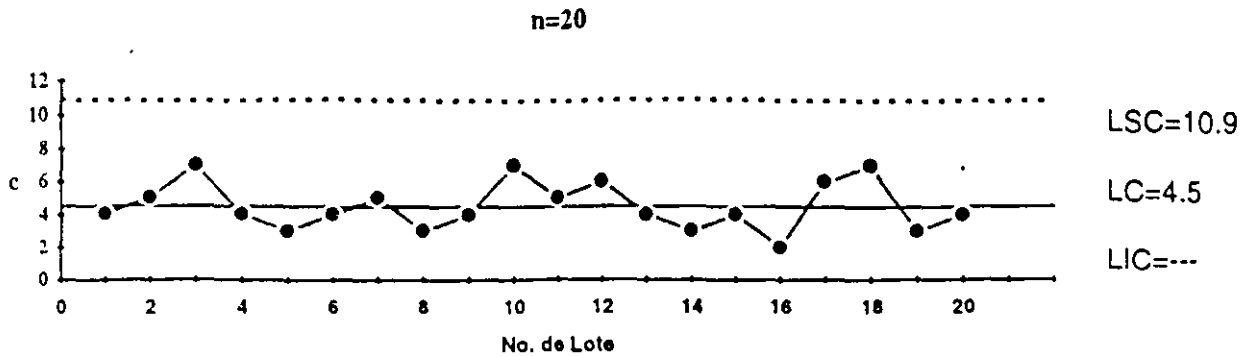


Gráfico u. Control c de Número de Fallas o Defectos

7.8 Gráfico de Control u

Se utiliza para controlar y analizar la variación en el número de defectos que aparecen por unidad de producción (Ejm. no. de fisuras en 1 mt. de lamina, No. de errores por auto arreglado, No. de errores en cada formato W) y el tamaño de dicha muestra o unidad de producción puede variar.

Gráfico u (No. de fallas/unidad de producción)

No.	n	c	u
01	15	36	2.40
02	15	42	2.80
03	15	33	2.20
04	10	21	2.10
05	10	35	3.50
06	20	40	2.00
07	20	34	1.70
08	20	46	2.30
09	20	50	2.50
10	10	10	1.00
11	10	25	2.50
12	10	32	3.20
13	15	43	2.87
14	15	36	2.40
15	15	52	3.47
Total	220	535	

$$\bar{u} = \frac{\sum c}{\sum n} = \frac{535}{220} = 2.432$$

$$CL = \bar{u} = 2.432$$

$$LSC = \bar{u} + 3\sqrt{\bar{u}/n} =$$

$$LSC(10) = 3.911$$

$$LSC(15) = 3.640$$

$$LSC(20) = 3.478$$

$$LIC = \bar{u} - 3\sqrt{\bar{u}/n} =$$

$$LIC(10) = 0.953$$

$$LIC(15) = 1.224$$

$$LIC(20) = 1.386$$

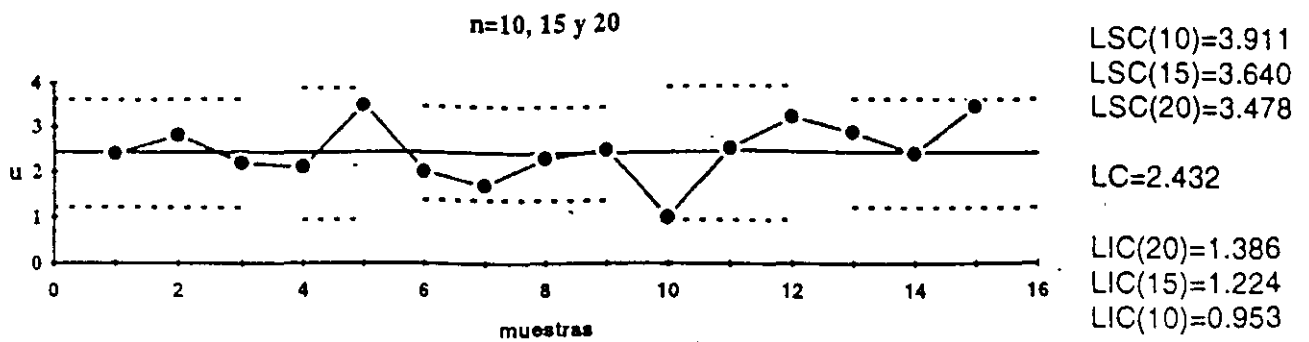


Gráfico de Control u de Número de Fallas o Defectos por Unidad de Producción

7.9 FORMULARIO

7.9.1 Constantes para los Gráficos de Control

Tabla de Constantes para Gráficos de Control						
n	A_2	m_3A_2	D_4	D_3	d_2	E_2
2	1.880	1.880	3.267	-	1.128	2.659
3	1.023	1.187	2.575	-	1.693	1.772
4	0.729	0.796	2.282	-	2.059	1.457
5	0.577	0.691	2.115	-	2.326	1.290
6	0.483	0.549	2.004	-	2.534	1.184
7	0.419	0.509	1.924	0.076	2.704	1.109
8	0.373	0.432	1.864	0.136	2.847	1.054
9	0.337	0.412	1.816	0.184	2.970	1.010
10	0.308	0.363	1.777	0.223	3.078	0.975

7.9.2 Cálculos de los Límites de Control

*MONITOREO
REDUCIR
EL MONIT.*

Tabla Fórmulas para calcular los Límites de Control

DATOS	TIPO	LC	LSC y LIC
CONTINUOS	\bar{x}	$\bar{\bar{x}}$ <i>PROM. DE LOS PROM.</i>	$\bar{\bar{x}} \pm A_2 \bar{R}$ <i>MUESTRA IDUAL A LAS TABLA 7A.1</i>
	R	\bar{R} <i>PROM. RANEO</i>	$D_4 \bar{R}, D_3 \bar{R}$ <i>TABLA</i>
	x	\bar{x}	$\bar{x} \pm E_2 \bar{R}$
		\bar{x}	$D_4 \bar{R}_s, D_3 \bar{R}_s$ $\bar{R}_s = \sum R_{si} / (k-1)$
	\bar{x}	$\bar{\bar{x}}$	$\bar{\bar{x}} \pm m_3 A_2 \bar{R}$
DISCRETOS	p	\bar{p}	$\bar{p} = \sum pr / \sum n$ $\bar{p} \pm 3 \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$
	pn	\bar{pn}	$\bar{pn} = \sum pr / k$ $\bar{pn} \pm 3 \sqrt{(\bar{pn}(1-\bar{p}))}$
	u	\bar{u}	$\bar{u} = \sum c / \sum n$ $\bar{u} \pm 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$
	c	\bar{c}	$\bar{c} = \sum c / k$ $\bar{c} \pm 3 \sqrt{\bar{c}}$

7.10 Construcción de los Gráficos de Control

- 1) Recordar que los Gráficos de Control son para ver las variaciones en el proceso en función del tiempo.
- 2) Hacer los gráficos de tal forma que sean fáciles de usar y fáciles de entender
- 3) Que puedan ser usados largo tiempo

Los Límites de Control, superior e inferior, se dibujan con dos tipos de líneas según la función del Gráfico:

- a) Línea Punteada (-----): Cuando el gráfico se utiliza para calcular los límites de control (Para Análisis)
- b) Línea y Punto (-----): Cuando se utilizan y extrapolan los límites calculados con datos anteriores, para ser utilizados con datos actuales. (Para Control)

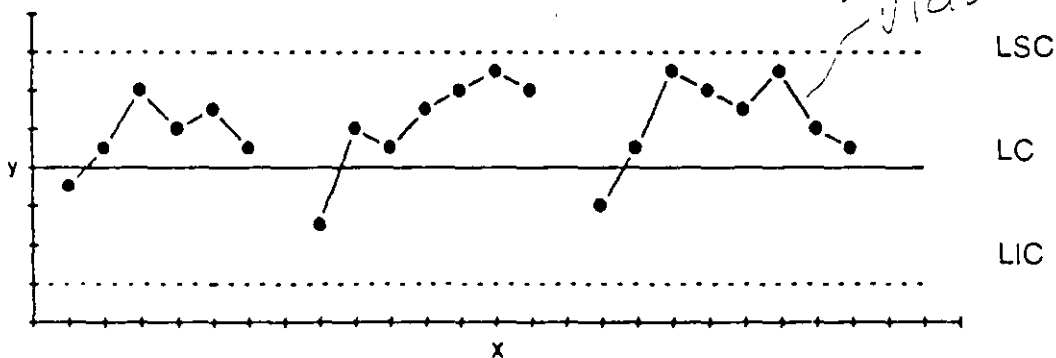
7.11 Estado de Control o Estabilidad. Estados de Normalidad

¿Cuándo se está en un estado de control o estable?

- a) Cuando los puntos están dentro de los límites de control.
- b) No hay vicios en la distribución y/o formación de los puntos
- c) Cuando más de 25 puntos consecutivos están dentro de los límites de control
- d) Cuando hay 1 punto ~~o~~ fuera de los límites de control en 35 puntos consecutivos.

7.12 Vicios en la Formación o Distribución. Estados de Anormalidad

- a) Puntos fuera de los límites de Control (INVESTIGAR)
- b) Los puntos están de manera consecutiva de un lado del Límite Central (Corridas). Se considera una situación anormal cuando se tiene una corrida mayor o igual de 7 puntos. (Figura 7.12.1) (INVESTIGAR LA PARTE DE 5)

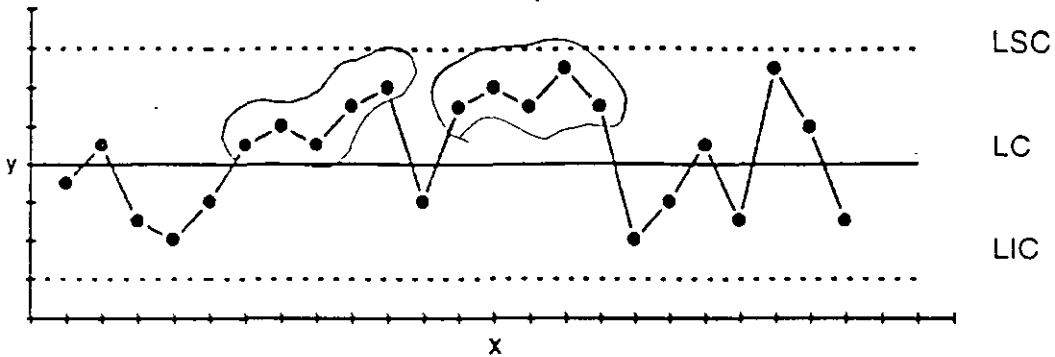


Corridas (de 5, de 6 y de 7)

Fig. 7.12.1

c) Hay muchos puntos de un solo lado del Limite Central. (Figura 7.12.2)

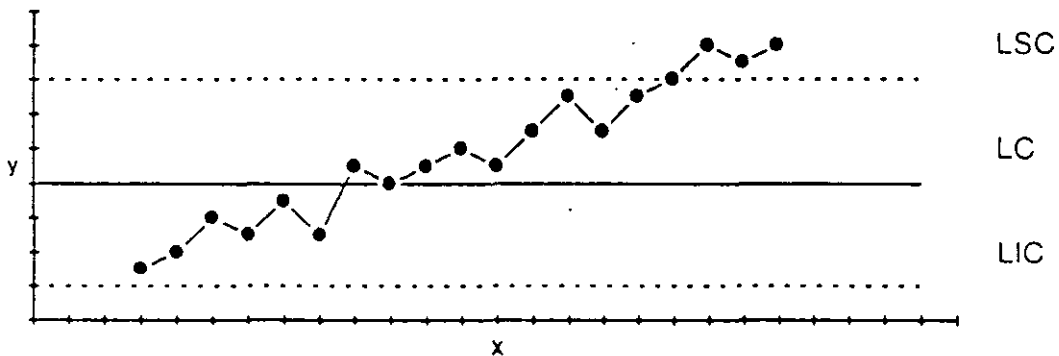
- De 11 puntos consecutivos 10 están de un mismo lado
- De 14 puntos consecutivos 12 están de un mismo lado
- De 17 puntos consecutivos 14 están de un mismo lado
- De 20 puntos consecutivos 16 están de un mismo lado



Muchos puntos de un solo lado (10 de 11)

Fig. 7.12.2

d) Tendencias crecientes o decrecientes en los puntos. (Figura 7.12.3)



Tendencias

Fig. 7.12.3

e) Cuando los puntos tienden a acercarse a los Límites de Control Superior o Interior (sobrepasan el límite de 2 Sigma). Se considera anormal si, 2 de 3 puntos o 3 de 7 puntos presentan este sintoma. (Figura 7.12.4)

f) Cuando los puntos presentan una variación cíclica. (Figura 7.12.5)

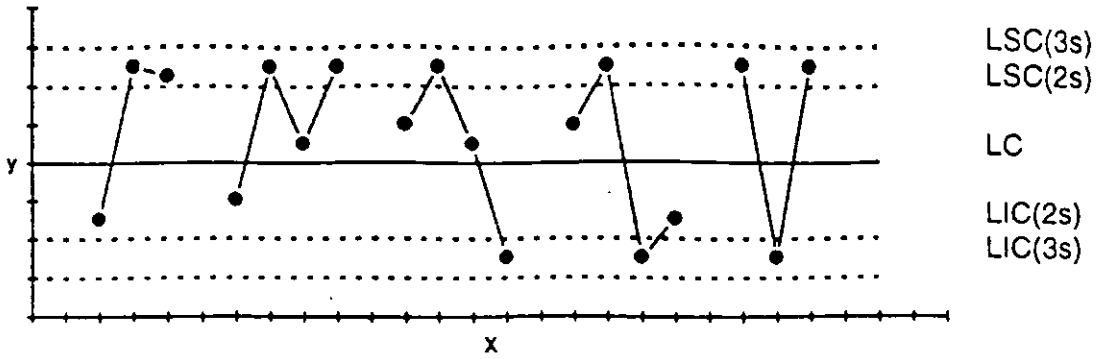


Fig. 7.12.4

Acercamiento a los Extremos (entre 2 y 3 sigma)

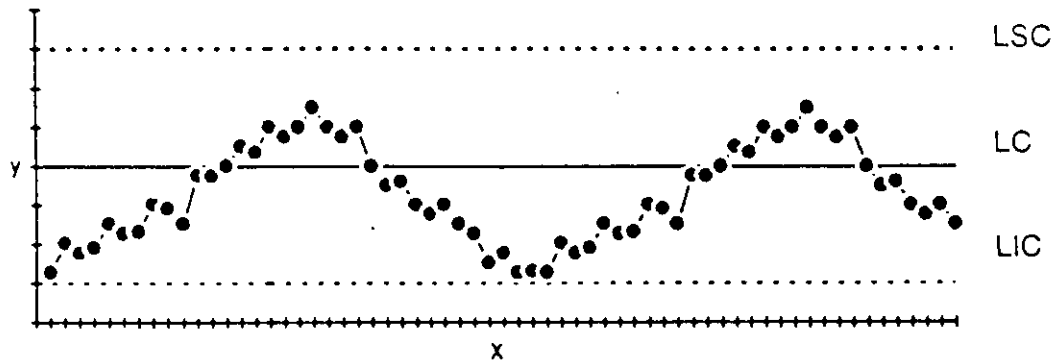
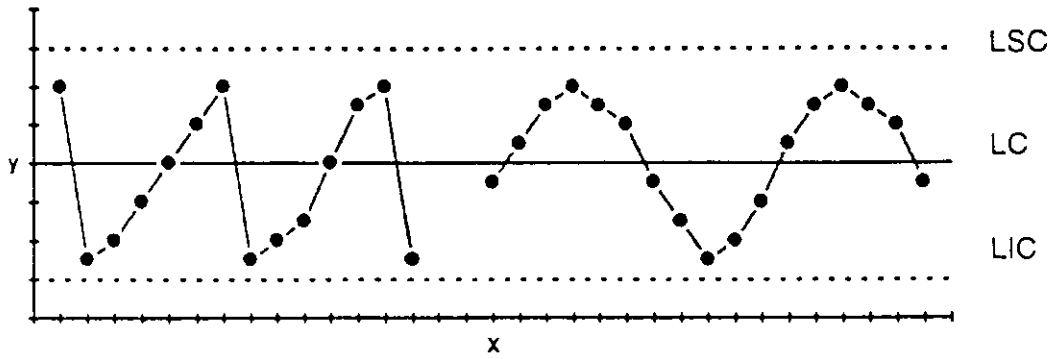
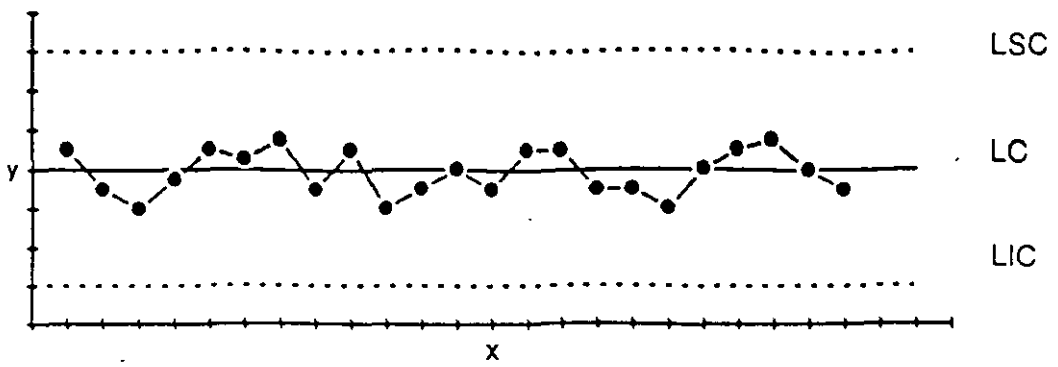


Fig. 7.12.5

Variaciones Cíclicas

g) Los puntos se concentran alrededor del Limite Central. Puede significar que se están mezclando varias poblaciones y es necesario estratificar. (Figura 7.12.6)

MUESTRAS
DE POBLACIONES
DISTINTAS



Tendencia a Acercarse al Centro

Fig. 7.12.6

7.13 Movimiento de los Puntos en un Gráfico de Control

El Gráfico de Control es de gran ayuda para diferenciar las variaciones del azar con las variaciones anormales, pero además, sirve para detectar problemas debidos a los cambios en las condiciones del proceso.

Procesamiento

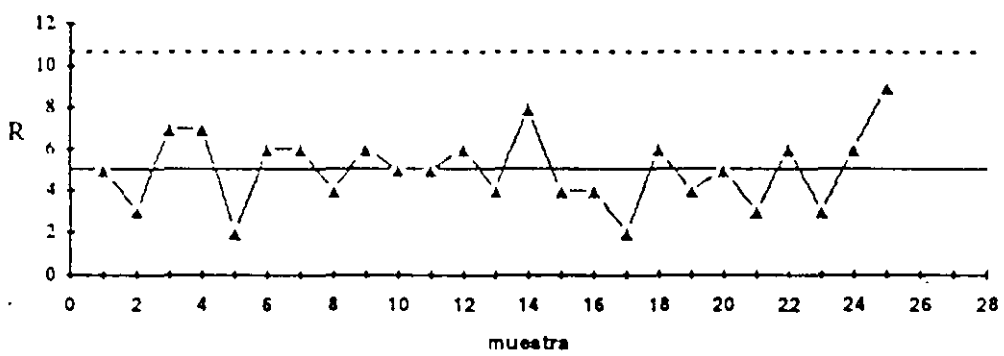
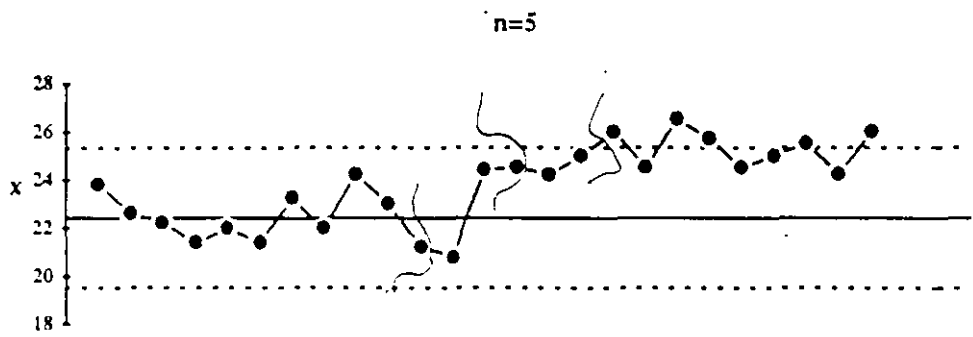


fig. 7.13.1 Cambios en la Media del Proceso, sin Cambios en la dispersión (Rango)

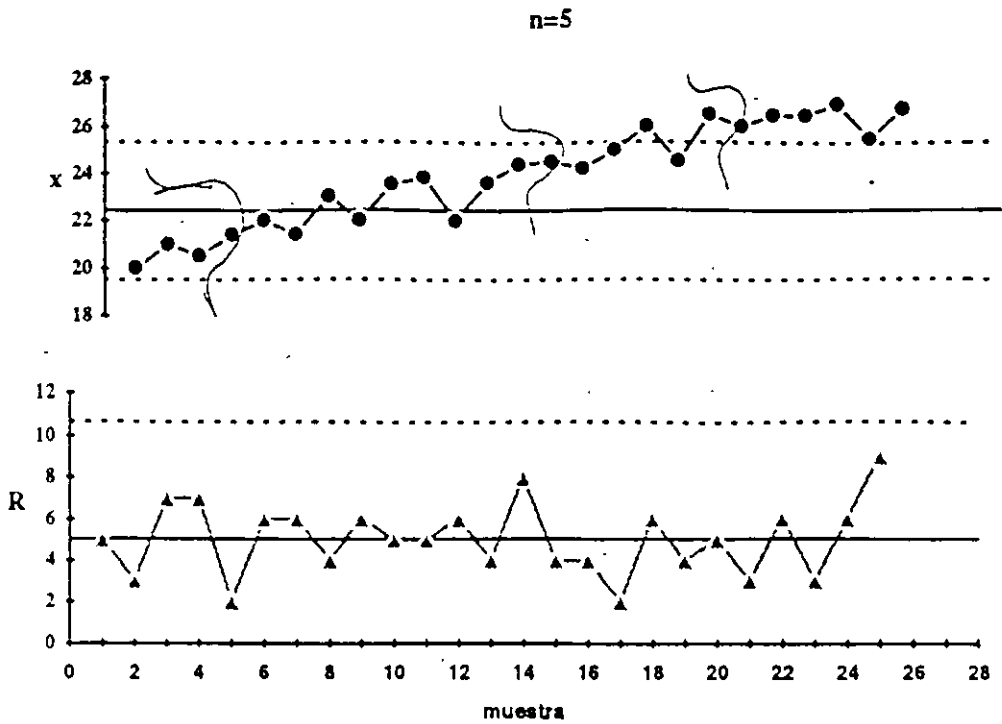


Figura 7.13.2: Cambio Creciente en la media del proceso sin cambio en la dispersión.

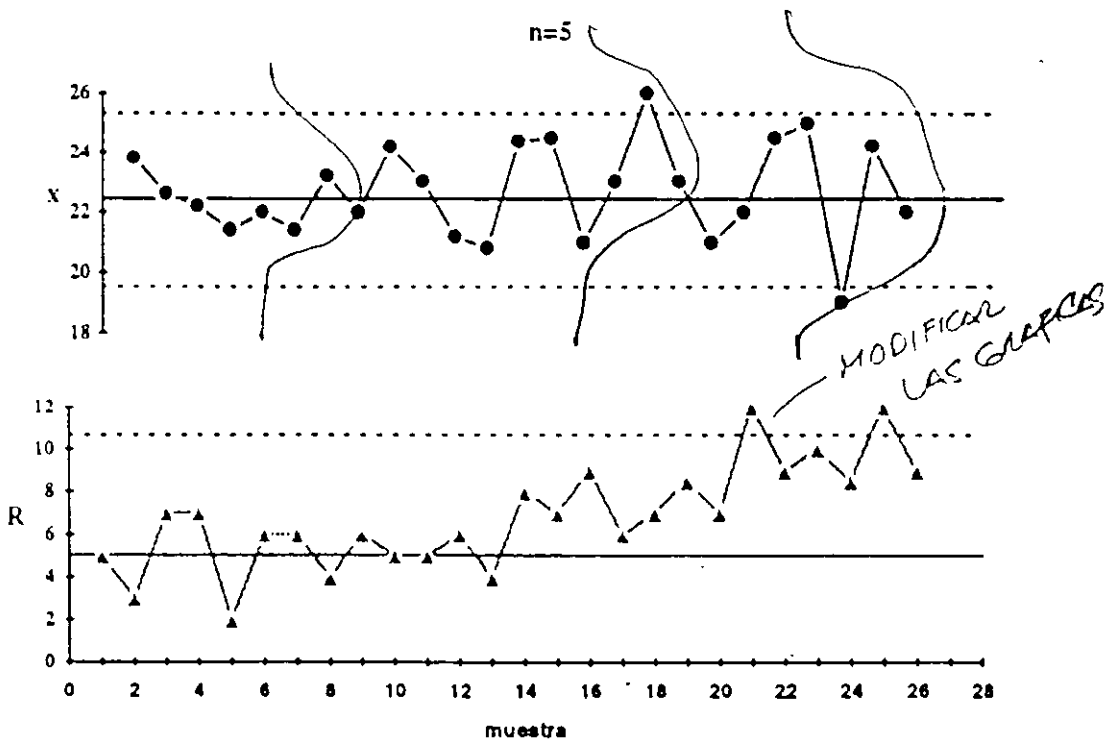


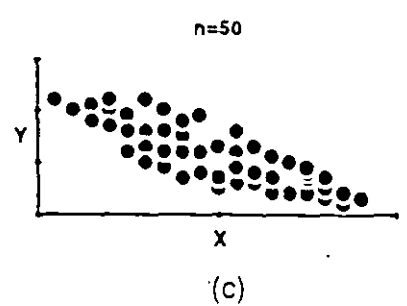
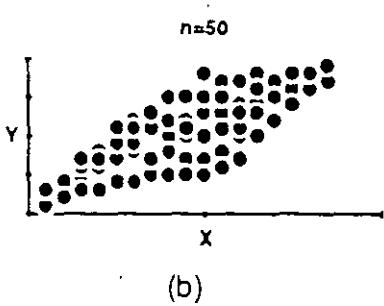
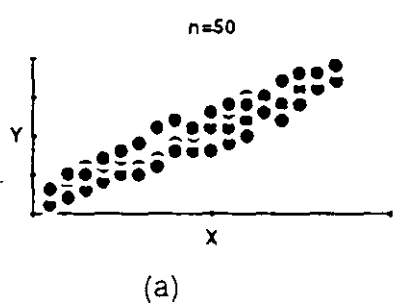
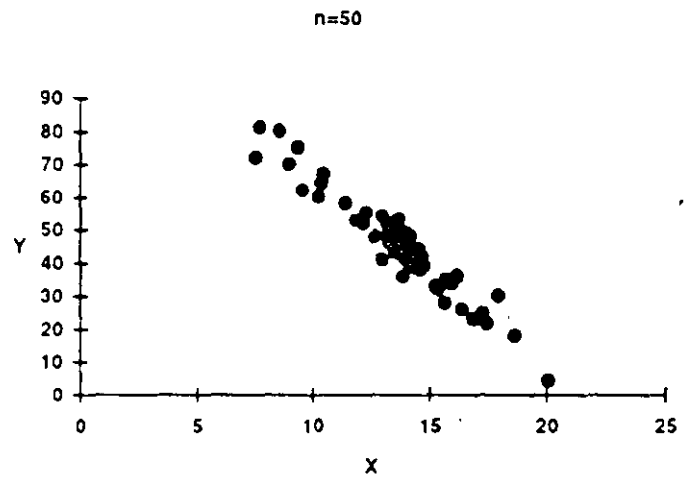
Figura 7.13.3: Cambios en la dispersión del proceso sin cambios en la media.

8.0 GRAFICOS DE DISPERSION

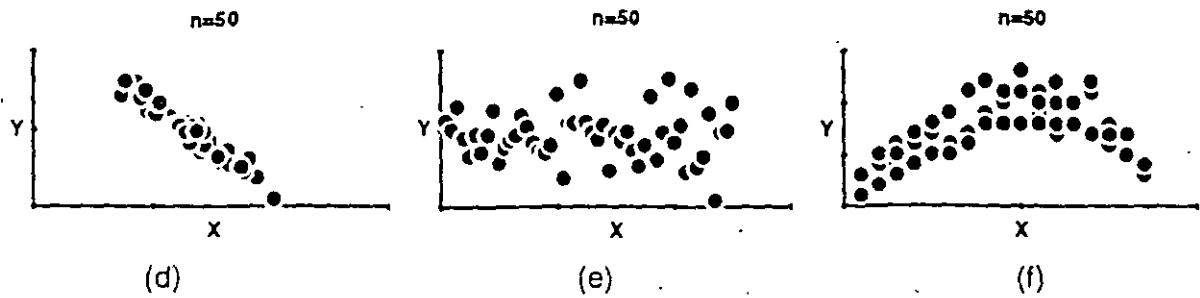
Gráfica que se utiliza para analizar la relación entre los datos de dos variables, las cuales se tabulan en forma de pares ordenados (x,y) y se grafican en el Plano Cartesiano.

No.	x	y	No.	x	y	No.	x	y
1	12.3	55	18	16.0	34	35	14.2	39
2	14.0	49	19	14.8	39	36	9.0	70
3	10.4	64	20	7.5	72	37	18.0	30
4	14.6	44	21	18.7	18	38	14.2	48
5	15.3	33	22	13.7	53	39	7.7	81
6	13.3	46	23	11.9	53	40	13.0	41
7	15.7	25	24	8.6	80	41	12.2	52
8	14.1	40	25	13.0	54	42	17.5	22
9	9.6	62	26	13.2	48	43	9.4	75
10	15.7	28	27	14.2	43	44	17.3	25
11	14.6	38	28	13.2	52	45	15.4	32
12	13.6	43	29	16.9	23	46	10.3	60
13	13.8	46	30	13.9	47	47	20.1	4
14	11.4	58	31	14.7	42	48	12.7	48
15	13.7	51	32	13.8	48	49	13.6	49
16	14.0	41	33	16.2	36	50	10.5	67
17	13.9	36	34	16.4	26			

Y
 ↑
 X
 SE DEN. "X" A LA
 VAR. INDEP. Y
 "Y" VARIABLE.



Correl. Neg.



8.1 Coeficiente de Correlación

Existe una manera analítica para analizar el grado de correlación entre las variables llamado **Coeficiente de Correlación**

$$r = \frac{S(xy)}{\sqrt{S(xx) \cdot S(yy)}}$$

Siendo necesario encontrar los valores de:

$$S(xx) = \sum (x - \bar{x})^2 = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}$$

$$S(yy) = \sum (y - \bar{y})^2 = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}$$

$$S(xy) = \sum (x - \bar{x})(y - \bar{y}) = \sum xy - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n}$$

Según el ejemplo:

$\bar{x} = 13.64$	$\bar{y} = 45.72$	
$\sum x = 681.8$	$\sum y = 2286$	
$\sum x^2 = 9662.15$	$\sum y^2 = 116875.92$	$\sum xy = 29125.10$
$S(xx) = 365.12$	$S(yy) = 12360.10$	$S(xy) = -2046.80$

Si r se acerca a +1, se tendrá una correlación positiva. Si se acerca a -1 será negativa y si se acerca a +ó- 0.5 hay posibles correlaciones. Finalmente, si se acerca a 0 no existe la correlación.

$$r = \frac{-2046.80}{\sqrt{365.12 \cdot 12360.10}} = -0.96$$

- a) *EXIST. COR. POS.*
- b) *POS. COR. POS.*
- c) *POS. COR. NEG.*
- d) *EXIST. COR. POS. & NEG.*
- e) *NO HAY CORRELACION*
- f) *EXIST. DE CORRE. NO LINEAL*

8.2 Ecuación de Regresión Simple

Si existe una correlación entre las variables y queremos encontrar la relación matemática entre ellas, calculamos la **Ecuación de Regresión Lineal o Simple**,

La recta es la estimación del valor esperado de "y" dado una "x_i" y busca que la suma de los cuadrados de las diferencias entre el valor estimado de "y" y la ordenada "y_i", sea mínima. Este método se llama de **Mínimos Cuadrados**.

a) La recta será del tipo $y = a + bx$

b)
$$b = \frac{S(xy)}{S(xx)}$$

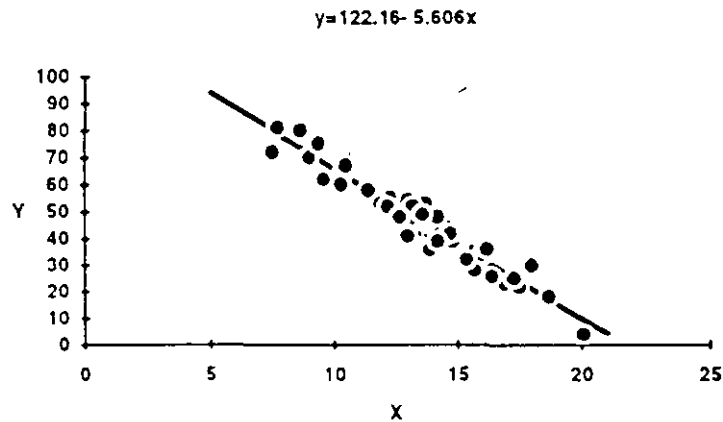
c)
$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

d) Si no se quiere calcular "a", se puede calcular la ecuación de la recta de regresión:

$$y = \bar{y} + b(x - \bar{x})$$

En el ejemplo seguido, la recta es: (ver Figura 8.3.1.)

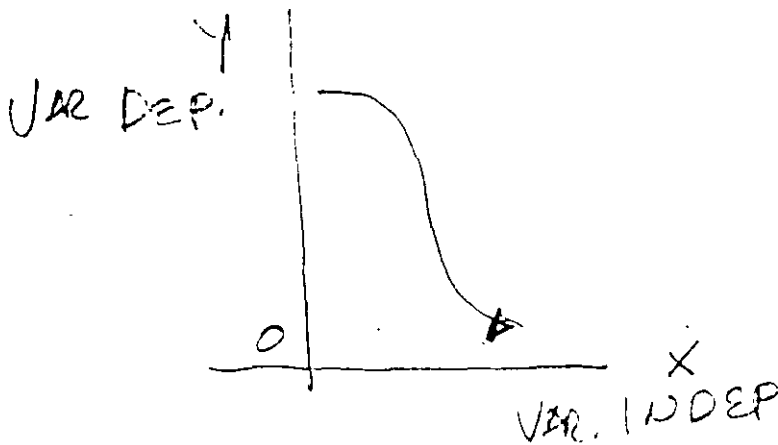
$$y = 12216 - 5.606x$$



Bibliografía:

- Grant, Eugene / Leavenworth, Richard, **Statistical Quality Control**, De. McGraw-Hill, 1985, EE.UU.
- Ishikawa, Kaoru, **Guía para el Control de la Calidad**, Ed. Unipub, EE.UU, 1985.
- Kume, Hitoshi, **Statistical Methods for Quality Improvement**, Ed. APO / 3A (Inglés), Japón, 1985; De. Norma (Español), Colombia.

fin - 1997-07-13 v.3.2, 1998



EJERCICIOS

0..0 Tipos de Datos

- 1- El número de envases que se rechazan en vacío es un dato: DISCRETO
- 2- El tiempo de recorrido en la pasteurizadora: CONTINUO
- 3- La hora de llegada al trabajo es un dato: CONTINUO
- 4- El número de cartones que se producen diariamente: DISCRETO
- 5- El número de personas en la fila o "cola": DISCRETO
- 6- El longitud de la fila o "cola": CONTINUO
- 7- Número de Accidentes al mes: DISCRETO
- 8- El Porcentaje de Retrabajos en la Línea: DISCRETO
- 9- El número de cambios de envases revisados diariamente: DISCRETO
- 10- El tiempo para revisar un lote de producción: CONTINUO
- 11- Número de veces que no hay la refacción disponible: DISCRETO
- 12- Número de errores en la reparación de una máquina: DISCRETO
- 13- Número de fallas al llenar un formato X: DISCRETO
- 14- El diámetro exterior de una botella: CONTINUO
- 15- Los distintos tipos de productos que se producen: DISCRETO
- 16- Los precios de la canasta básica: CONTINUO
- 17- El número de trailers que entran a la planta: DISCRETO
- 18- El grado plato: CONTINUO (mosto)
- 19- Las unidades de pasteurización: CONTINUO

1.0 CheckSheet y Checklist

1. - Diseñe una hoja de registro para recopilar los datos del grado plato en mosto, por cada cocimiento, por cada marca, el tiempo y fecha de la toma del dato (y otros).
2. - Elabore una lista de verificación que incluya todo lo necesario para realizar una medición del grado plato o de las unidades de medición.
3. - Diseñe una hoja de registro para conocer la localización y tipo de defecto que tiene un envase nuevo al inspeccionarlo en vacío.

2.0 Diagrama de Causa y Efecto

- 1) Algún problema propio (Por qué tengo el problema X).
- 2) Errores al registrar un dato.

3.0 Gráfico de Pareto

1. Realice gráficos de Pareto con lo siguientes datos y saque conclusiones.

Tipo de Defecto	Número de defectos	Costo unitario	Pérdida total
Decorado	13	8	\$ 104
Pintura exterior	55	1	\$ 55
Marca en cuerpo	23	20	\$ 460
Raya brillante	20	40	\$ 800
Estrellada cuerpo	29	50	\$ 1 450
Burbujas	41	10	\$ 410
Otros	7	10	\$ 70
Total	188		\$ 3 349

2. Realice el Gráfico de Pareto para conocer la problemática de los errores al llenar un formato ACB.

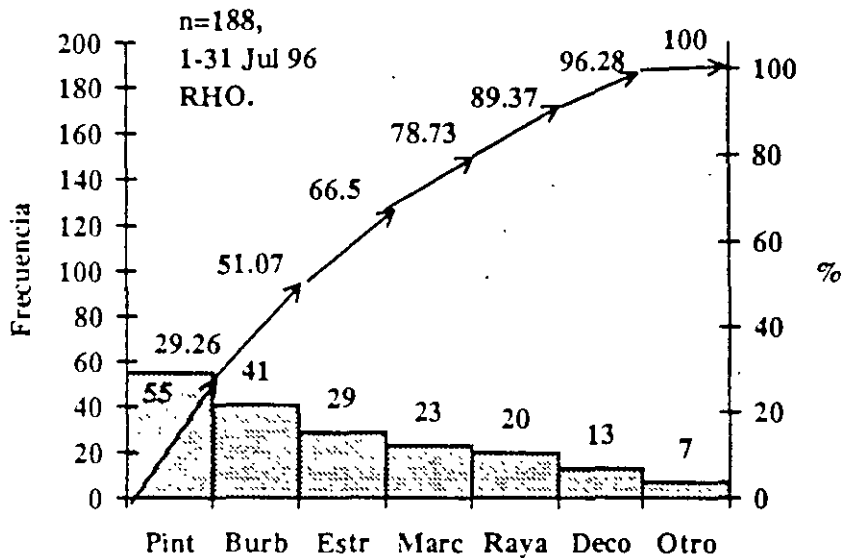
Tipo de Error	Número de defectos
Número de cliente	52
Fecha	23
Nombre	38
Código postal	18
Dirección	9
Teléfono	11
Cantidad a depositar	87
Firma	4
Otros	6
Total	248

3.0 Respuestas al Gráfico de Pareto

1. Realice gráficos de Pareto con lo siguientes datos y saque conclusiones.

- Por número de defectos:

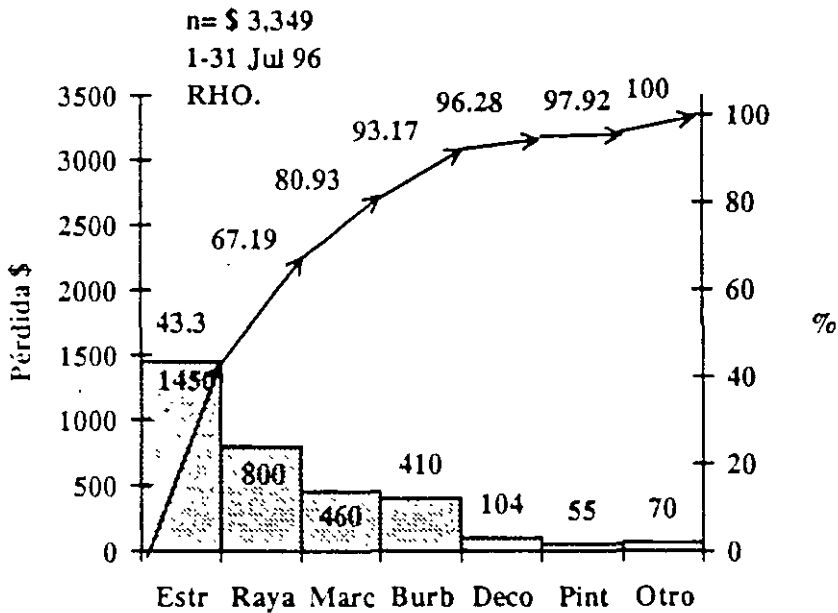
Tipo de Defecto	Frecuencia	Frec. acum.	%	% acum.
Pintura exterior	55	55	29.26	29.26
Burbujas	41	96	21.81	51.07
Estrellada cpo.	29	125	15.43	66.50
Marca en cuerpo	23	148	12.23	78.73
Raya brillante	20	168	10.64	89.37
Decorado	13	181	6.91	96.28
Otros	7	188	3.72	100.00
Total	188		100.00	



Conclusiones:

• Por pérdida económica:

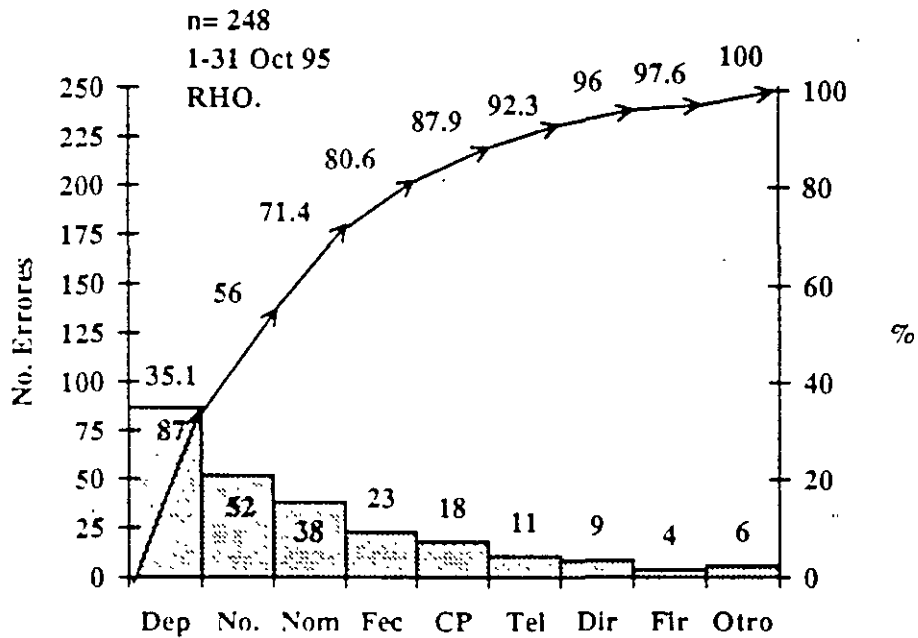
Tipo de Defecto	Pérdida total	Pérdida acum.	%	% acum.
Estrellada cpo.	\$ 1 450	1 450	43.30	43.30
Raya brillante	\$ 800	2 250	23.89	67.19
Marca en cpo.	\$ 460	2 710	13.74	80.93
Burbujas	\$ 410	3 120	12.24	93.17
Decorado	\$ 104	3 224	3.11	96.28
Pintura ext.	\$ 55	3 279	1.64	97.92
Otros	\$ 70	3 349	2.09	100.00
Total	\$ 3 349		100.00	



Conclusiones:

2. Realice el Gráfico de Pareto para conocer la problemática de los errores al llenar un formato ACB.

Tipo de Error	Frecuencia	Frec. acum.	%	% acum.
Cantidad a depositar	87	87	35.1	35.1
Número de cliente	52	139	20.9	56.0
Nombre	38	177	15.4	71.4
Fecha	23	200	9.2	80.6
Código postal	18	218	7.3	87.9
Teléfono	11	229	4.4	92.3
Dirección	9	238	3.7	96.0
Firma	4	242	1.6	97.6
Otros	6	248	2.4	100.0
Total	248		100.0	



Conclusiones:

4.0 Histograma

1. Elaborar el histograma de la distribución de los grados platos al finalizar reposo. Si usted conoce las especificaciones superior e inferior del proceso, ¿cual es la capacidad de proceso?

	4.05 ✓	3.80 ✓	4.25 ✓	4.15 ✓	3.70 ✓	3.95 ✓	4.50	4.10	3.85	4.15	
	3.90 ✓	3.95 ✓	4.20	4.15	3.90	3.95	4.15	4.10	4.05	4.25	
	4.10 ✓	4.05 ✓	4.15	4.20	3.80	4.20	4.35	4.00	3.90	4.45	
	4.10 ✓	4.00 ✓	4.35	4.35	4.15	4.45	4.35	4.05	4.00	4.35	
	4.00 ✓	3.90 ✓	4.25	3.85	4.05	4.25	4.15	3.70	4.15	4.15	
	4.05 ✓	4.00 ✓	4.35	4.10	4.15	4.20	4.15	4.10	4.15	4.15	
	3.70 ✓	3.95 ✓	4.50	4.10	3.85	4.15	4.20	4.05	4.20	4.25	
	4.10 ✓	3.95 ✓	4.50	3.90	3.95	4.35	4.25	3.95	4.45	4.25	
	3.80 ✓	4.20 ✓	4.35	4.00	4.10	4.45	3.85	4.05	4.45	4.15	
	4.00 ✓	4.45 ✓	4.35	4.05	4.00	4.35	4.10	3.95	4.20	4.15	
min	3.70	3.80	4.15	3.85	3.70	3.95	3.85	3.70	3.85	4.15	3.70
Max	4.10	4.45	4.50	4.35	4.15	4.45	4.50	4.10	4.45	4.45	4.50

2. Elaborar el histograma de la distribución de los grados platos al finalizar reposo. Si usted conoce las especificaciones superior e inferior del proceso, ¿cual es la capacidad de proceso?

No.	G. P. Reposo	No.	G. P. Reposo
1.	3.85	18.	3.95
2.	3.90	19.	4.20
3.	3.90	20.	4.45
4.	3.90	21.	4.45
5.	4.00	22.	4.20
6.	4.05	23.	4.15
7.	3.70	24.	4.35
8.	3.90	25.	4.45
9.	3.80	26.	4.35
10.	3.95	27.	4.50
11.	3.80	28.	4.50
12.	3.95	29.	4.35
13.	3.85	30.	4.35
14.	3.95	31.	4.15
15.	3.90	32.	4.15
16.	4.00	33.	4.20
17.	3.95	34.	4.35

SOLUCION A PROBLEMA 1.

unidad de medición = 0.05, Max = 4.50, Mín = 3.70, c = 0.08 a 0.1.

No.	Intervalo de clase	Punto medio	Frecuencia	Total
1	3.675 a 3.775	3.725	123	3
2	3.775 a 3.875	3.825	1234567	7
3	3.875 a 3.975	3.925	1234567890123	13
4	3.975 a 4.075	4.025	12345678901234567	17
5	4.075 a 4.175	4.125	12345678901234567890123456	26
6	4.175 a 4.275	4.225	123456789012345	15
7	4.275 a 4.375	4.325	1234567890	10
8	4.375 a 4.475	4.425	123456	6
9	4.475 a 4.575	4.525	123	3
			Total	100

SOLUCION A PROBLEMA 2.

unidad de medición = 0.05, Max = 4.50, Mín = 3.70, c = 0.08 a 0.1.

No.	Intervalo de clase	Punto medio	Frecuencia	Total
1	3.675 a 3.775	3.725	1	1
2	3.775 a 3.875	3.825	1234	4
3	3.875 a 3.975	3.925	1234567890	10
4	3.975 a 4.075	4.025	1234	4
5	4.075 a 4.175	4.125	123	3
6	4.175 a 4.275	4.225	12	2
7	4.275 a 4.375	4.325	12345	5
8	4.375 a 4.475	4.425	12345	5
9	4.475 a 4.575	4.525		
			Total	34

3.- Elaborar el histograma de la distribución de los grados platos en gobierno. Si usted conoce las especificaciones superior e inferior del proceso, ¿cual es la capacidad de proceso?

2.65	2.65	2.55	2.55	2.70	2.65	2.70
2.45	2.50	2.60	2.50	2.60	2.50	2.65
2.55	2.55	2.50	2.65	2.70	2.65	2.70
2.55	2.55	2.50	2.65	2.50	2.70	2.80
2.55	2.55	2.50	2.60	2.60	2.75	
2.60	2.55	2.55	2.70	2.70	2.80	
2.55	2.60	2.60	2.70	2.70	2.65	
2.55	2.60	2.50	2.80	2.70	2.80	
2.55	2.65	2.45	2.70	2.70	2.70	
2.60	2.60	2.55	2.65	2.65	2.70	
min						
Max						

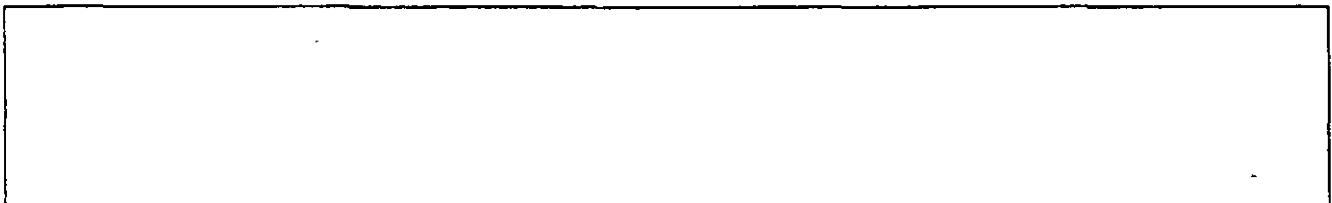
4.- Elaborar los histogramas de las unidades de pasteurización: Histograma total y luego histogramas por cada piso.

No.	Piso #1	Piso #2	No.	Piso #1	Piso #2
1.	10.7	12.8	25.	10.0	13.5
2.	11.4	13.8	26.	10.2	13.4
3.	9.6	14.2	27.	10.0	14.0
4.	10.7	14.7	28.	10.2	13.5
5.	14.5	14.1	29.	11.4	13.5
6.	12.4	11.5	30.	11.2	13.5
7.	10.3	11.2	31.	15.8	14.0
8.	12.7	14.9	32.	14.2	14.2
9.	13.2	14.5	33.	15.0	19.7
10.	9.1	16.0	34.	11.2	13.8
11.	12.2	20.3	35.	12.5	14.9
12.	12.5	13.7	36.	13.0	14.9
13.	12.3	23.6	37.	13.5	13.9
14.	13.5	14.7	38.	11.9	14.2
15.	12.1	14.5	39.	13.9	16.2
16.	10.4	13.6	40.	16.0	16.7
17.	12.1	13.3	41.	11.6	14.5
18.	13.0	13.8	42.	13.4	14.2
19.	11.9	13.5	43.	11.9	14.4
20.	12.0	13.4	44.	12.6	14.3
21.	11.2	14.4	45.	11.4	19.1
22.	9.5	12.8	46.	14.5	15.8
23.	11.3	18.6	47.	11.3	14.5
24.	11.0	13.5			

SOLUCION A PROBLEMA 3.

unidad de medición = 0.05, Max = 2.80, Mín = 2.45, c = 0.044 a 0.0.5.

No.	Intervalo de clase	Punto medio	Frecuencia	Total
1	2.375 a 2.425	2.40		
2	2.425 a 2.475	2.45	12	2
3	2.475 a 2.525	2.50	12345678	8
4	2.525 a 2.575	2.55	12345678901234	14
5	2.575 a 2.625	2.60	1234567890	10
6	2.625 a 2.675	2.65	123456789012	12
7	2.675 a 2.725	2.70	1234567890123	13
8	2.725 a 2.775	2.75	1	1
9	2.775 a 2.825	2.80	1234	4
10				
			Total	64



SOLUCION A PROBLEMA 4.

unidad de medición = 0.1, Max = 23.6, Mín = 9.1, c = 1.45 a 1.5

No.	Intervalo de clase	Punto medio	Frecuencia PISO 1 y 2	Total
1	9.05 a 10.55	9.8	123456789	9
2	10.55 a 12.05	11.3	123456789012345678	18
3	12.05 a 13.55	14.3	1234567890123456789012345678	28
4	13.55 a 15.05	15.8	1234567890123456789012345678	28
5	15.05 a 16.55	17.3	12345	5
6	16.55 a 18.05	18.8	1	1
7	18.05 a 19.55	20.3	123	3
8	19.55 a 21.05	21.8	1	1
9	21.05 a 22.55	23.3		0
10	22.55 a 24.05	24.8	1	1
			Total	

No.	Intervalo de clase	Punto medio	Frecuencia PISO #1	Total
1	9.05 a 10.55	9.8	123456789	9
2	10.55 a 12.05	11.3	1234567890123456	16
3	12.05 a 13.55	14.3	1234567890123456	16
4	13.55 a 15.05	15.8	1234	4
5	15.05 a 16.55	17.3	12	2
6	16.55 a 18.05	18.8		
7	18.05 a 19.55	20.3		
8	19.55 a 21.05	21.8		
9	21.05 a 22.55	23.3		
10	22.55 a 24.05	24.8		
			Total	47

No.	Intervalo de clase	Punto medio	Frecuencia PISO # 2	Total
1	9.05 a 10.55	9.8		
2	10.55 a 12.05	11.3	12	2
3	12.05 a 13.55	14.3	123456789012	12
4	13.55 a 15.05	15.8	123456789012345678901234	24
5	15.05 a 16.55	17.3	123	3
6	16.55 a 18.05	18.8	1	1
7	18.05 a 19.55	20.3	123	3
8	19.55 a 21.05	21.8	1	1
9	21.05 a 22.55	23.3		0
10	22.55 a 24.05	24.8	1	1
			Total	

5.0 Gráficos de Control

- 1) Seleccione el tipo adecuado de gráfico de control según las siguientes necesidades:
- a) Volúmen envasado
 - b) Número de productos defectuosos en lotes de 1000 piezas
 - c) Número de defectos totales en los envases de una tarima.
 - d) Porcentaje defectuoso en lotes de tamaño variable
 - e) El promedio del grado plato de 6 cocimientos al día
 - f) Número de picaduras por metro cuadrado de plancha de acero.
 - g) Unidad de pasteurización..
 - h) No. de errores al llenar un formato
 - i) Número de botellas rotas en lotes constantes de producción.
 - j) El volúmen de sólidos que diariamente se deposita en la planta de tratamiento a las 3 pm.
 - k) El número de tubos defectuosos en paquetes de 50.
 - l) El número de raspones en una lamina de vidrio.
 - m) El tiempo que los clientes utilizan para comer en un restaurante.
 - n) Número de botellas de lotes de 1 200, que no se llenan bien en una fábrica de refrescos.
 - o) El peso de las bolsitas de papas en una línea de producción continua.
 - p) El número de llamadas equivocadas que se reciben diariamente en un teléfono dado.
 - q) El consumo mensual de energía eléctrica en un edificio corporativo.
 - r) El número de errores ortográficos de una revista de tamaño (no. de pags.) variable.
 - s) La humedad promedio diaria en una oficina (4 mediciones diarias).
 - t) El grado plato en gobierno.

R:

- a) Medias y rangos
- b) pn
- c) c
- d) p
- e) Medias y rangos
- f) u
- g) Medias y rangos, individuales
- h) c
- i) c
- j) Individuales
- k) pn
- l) c
- m) medias y rangos
- n) pn
- o) Medias y rangos
- p) c
- q) Individuales
- r) u
- s) Medias y rangos
- t) Individuales.

2. Para investigar el comportamiento del Grado plato en mosto (por cada cocimiento) se tomaron los siguientes datos. Analizarlos con gráficos de control.

No.	GP	No.	GP	No.	GP	No.	GP	No.	GP
1.	16.30	21.	16.30	41.	16.20	61.	16.25	81.	16.35
2.	16.10	22.	16.20	42.	16.20	62.	16.25	82.	16.15
3.	16.10	23.	16.15	43.	16.05	63.	16.10	83.	16.25
4.	16.25	24.	16.25	44.	16.15	64.	16.15	84.	16.15
5.	16.25	25.	16.15	45.	16.15	65.	16.35	85.	16.15
6.	16.15	26.	16.35	46.	16.10	66.	16.20	86.	16.30
7.	16.15	27.	16.15	47.	16.30	67.	15.90	87.	16.30
8.	16.15	28.	16.15	48.	16.05	68.	16.25	88.	16.10
9.	16.15	29.	16.25	49.	16.15	69.	15.90	89.	16.15
10.	16.10	30.	16.25	50.	16.20	70.	16.30	90.	16.25
11.	16.35	31.	16.30	51.	16.20	71.	16.35	91.	16.20
12.	16.15	32.	16.30	52.	16.25	72.	16.15	92.	16.20
13.	16.25	33.	16.10	53.	16.10	73.	16.25	93.	16.05
14.	16.15	34.	16.15	54.	16.20	74.	16.15	94.	16.15
15.	16.25	35.	16.25	55.	16.15	75.	16.25	95.	16.15
16.	16.25	36.	16.35	56.	16.20	76.	16.35	96.	16.10
17.	16.25	37.	16.15	57.	16.10	77.	16.15	97.	16.30
18.	15.90	38.	16.25	58.	16.20	78.	16.15	98.	16.05
19.	16.30	39.	16.15	59.	16.30	79.	16.25	99.	16.15
20.	16.30	40.	16.15	60.	16.15	80.	16.25	100.	16.20

R:

Sin agrupar los datos.

CL = 16.193

UCL = 16.475

LCL = 15.911

CL Rango = 0.160

UCL Rango = 0.347

LCL Rango = 0.0

Agrupando los datos.

CL = 16.193

UCL = 16.447

LCL = 15.938

CL medias = 16.193

UCL medias = 16.306

LCL = medias = 16.079

CL Rango = 0.198

UCL Rango = 0.418

LCL Rango = 0.0

2. Para investigar el comportamiento del Grado plato en reposo (al terminar) se tomaron los siguientes datos. Analizarlos con gráficos de control.

No.	G. P. Reposo
1.	3.85
2.	3.90
3.	3.90
4.	3.90
5.	4.00
6.	4.05
7.	3.70
8.	3.90
9.	3.80
10.	3.95
11.	3.80
12.	3.95
13.	3.85
14.	3.95
15.	3.90
16.	4.00
17.	3.95
18.	3.95
19.	4.20
20.	4.45
21.	4.45
22.	4.20
23.	4.15
24.	4.35
25.	4.45
26.	4.35
27.	4.50
28.	4.50
29.	4.35
30.	4.35
31.	4.15
32.	4.15
33.	4.20
34.	4.35

R: Medias: CL = 4.101 UCL = 4.392 LCL = 3.811
 Rango: CL = 0.109 UCL = 0.356

3.- Analice con gráficos de control los siguientes datos de mosto en gobierno.

Fecha	G.P.	Fecha	G.P.	Fecha	G.P.
04/24	2.65	04/30	2.55		2.70
	2.45		2.50		2.65
	2.55		2.65		2.70
	2.55		2.65		2.80
	2.55		2.60		
	2.60		2.70		
	2.55		2.70		
04/25	2.55	05/02	2.80		
	2.55		2.70		
	2.60		2.65		
	2.65		2.70		
	2.50		2.60		
	2.55		2.70		
	2.55		2.50		
04/26	2.55	05/03	2.60		
	2.55		2.70		
	2.60		2.70		
	2.60		2.70		
	2.65		2.65		
	2.60		2.65		
04/27	2.55		2.65		
04/28	2.60	05/05	2.50		
	2.50		2.65		
	2.50		2.70		
	2.50		2.75		
	2.55		2.80		
04/29	2.60		2.65		
	2.50		2.80		
	2.45		2.70		
	2.55		2.70		

R:

CL = 2.616 UCL = 2.775 LCL = 2.458.

CL Rango: = 0.06 UCL = 0.194 LCL = 0.0

4.- Analice los siguientes datos con graficas de control.

No.	Piso #1	Piso #2	No.	Piso #1	Piso #2
1.	10.7	12.8	25.	10.0	13.5
2.	11.4	13.8	26.	10.2	13.4
3.	9.6	14.2	27.	10.0	14.0
4.	10.7	14.7	28.	10.2	13.5
5.	14.5	14.1	29.	11.4	13.5
6.	12.4	11.5	30.	11.2	13.5
7.	10.3	11.2	31.	15.8	14.0
8.	12.7	14.9	32.	14.2	14.2
9.	13.2	14.5	33.	15.0	19.7
10.	9.1	16.0	34.	11.2	
11.	12.2	20.3	35.	12.5	14.9
12.	12.5	13.7	36.	13.0	14.9
13.	12.3	23.6	37.	13.5	13.9
14.	13.5	14.7	38.	11.9	14.2
15.	12.1	14.5	39.	13.9	16.2
16.	10.4	13.6	40.	16.0	16.7
17.	12.1	13.3	41.	11.6	14.5
18.	13.0	13.8	42.	13.4	14.2
19.	11.9	13.5	43.	11.9	14.4
20.	12.0	13.4	44.	12.6	14.3
21.	11.2	14.4	45.	11.4	19.1
22.	9.5	12.8	46.	14.5	15.8
23.	11.3	18.6	47.	11.3	14.5
24.	11.0	13.5			

R:

5.- Para investigar el comportamiento del Grado plato en reposo (al terminar) se tomaron los siguientes datos. Analizarlos con gráficos de control.

No.	G. P. Reposo
1.	4.05
2.	4.10
3.	4.15
4.	4.15
5.	4.00
6.	4.05
7.	4.00
8.	4.00
9.	3.95
10.	4.05
11.	4.00
12.	4.15
13.	4.15
14.	4.05
15.	4.10
16.	4.00
17.	4.00
18.	4.10

R: Medias: CL = 4.058 UCL = 4.232 LCL = 3.884
Rango: CL = 0.065 UCL = 0.214

6.-Cada una de las tres personas A, B, C, tienen que llenar continuamente un formato W. Al analizar los datos descubrimos que hay errores en el llenado de dicho formato W como sigue:

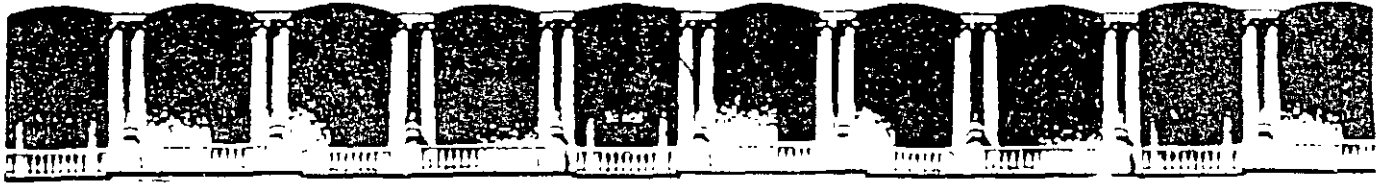
- Calcular los gráficos de control para los siguientes grupos de datos A, B y si el tamaño de lote es constante

No.	A	B	C
1	12	50	30
2	14	45	80
3	4	24	5
4	7	32	7
5	10	39	6
6	6	23	10
7	5	10	12
8	9	24	11
9	6	34	17
10	3	27	15
11	4	12	20
12	7	21	25
13	7	18	22
14	13	17	6
15	6	15	8
16	7	18	7
17	4	15	12
18	6	18	14
19	9	19	10
20	3	16	15
21	7	13	17
22	5	35	20
23	3	27	24
24	3	13	25

R: [Para A: CL= 6.7, UCL= 14.5, LCL= ----]

[Para B: CL= 23.5, UCL= 38.0, LCL= 9.0]

[Para C: CL= 17.4, UCL= 30.0, LCL= 4.9]



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO DE INGENIERIA DE
PRODUCCIÓN**

MODULO I: DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCION

TEMA

**GRAFICOS DE CONTROL E IMPLANTACION DEL CONTROL
ESTADISTICO DE PROCESOS EN AREAS PRODUCTIVAS**

**EXPOSITOR: ING. DANIEL RODRÍGUEZ RESENDIZ
PALACIO DE MINERIA
SEPTIEMBRE DEL 2000**

INTRODUCCIÓN

1. CONCEPTOS BASICOS

Fitness for use

Para satisfacer las necesidades humanas, los individuos requieren de *productos* (satisfactores materiales o intangibles). Por productos se entienden *bienes y servicios*.

Calidad se define como la propiedad inherente de un producto de ser adecuado para su uso (*fitness for use*).

El término *fitness for use* es relativo a un cierto individuo (o grupo de individuos).

Características de calidad

Un producto posee múltiples elementos que definen la adecuación de su uso. Cada uno de estos elementos representa una característica de calidad. El concepto de característica de calidad es el *building block* a partir del cual se define la calidad.

La característica de calidad representa el medio a través del cual el concepto de *fitness for use* puede ser interpretado por el ingeniero.

Las características de calidad se pueden agrupar en diferentes especies, como:

Estructural: longitud, peso, voltaje, frecuencia, viscosidad.

Sensorial: sabor, presentación, color, olor.

Dependientes del tiempo: confiabilidad, mantenimiento.

Comerciales: garantía.

Éticas: cortesía, honestidad.

Facetas de la calidad

La calidad de un producto presenta dos facetas:

1. *Calidad del diseño*: indica el nivel de las diferentes características de calidad que se desea "imprimir" sobre el producto. Generalmente se traduce en especificaciones y tolerancias.
2. *Calidad de conformidad*: indica qué tan bien cumple el producto las especificaciones y tolerancias requeridas por el diseño.

Control y control de calidad

Control es el proceso empleado para satisfacer estándares o normas. Consiste en: (1) observar el comportamiento real de un sistema, (2) comparar dicho comportamiento con

Experimentos diseñados

Experimento diseñado: procedimiento en el que se varían sistemáticamente los factores controlables de entrada, y se estudia el efecto que tienen dichos factores en los parámetros de salida del producto. Los experimentos diseñados estadísticamente son esenciales para:

1. Reducir la variabilidad en las características de la calidad, y
2. Determinar los niveles de las variables controlables que optimizan el rendimiento del proceso.

Los experimentos diseñados son herramientas de calidad "fuera de línea" (*off line*). Se usan a menudo durante las actividades de desarrollo y en las primeras etapas de fabricación, en vez de un procedimiento de control rutinario *en línea* o *en proceso*.

Control estadístico del proceso

El control estadístico del proceso incluye una serie de técnicas *on-line* cuyo objetivo es la *reducción sistemática de la variabilidad* en las características de calidad clave del producto.

Muestreo para la aceptación

Conjunto de técnicas de inspección (basadas en la estadística) para evitar que productos que no están conforme a las especificaciones lleguen al usuario.

Evolución típica de industrias en la aplicación de tecnologías de AC

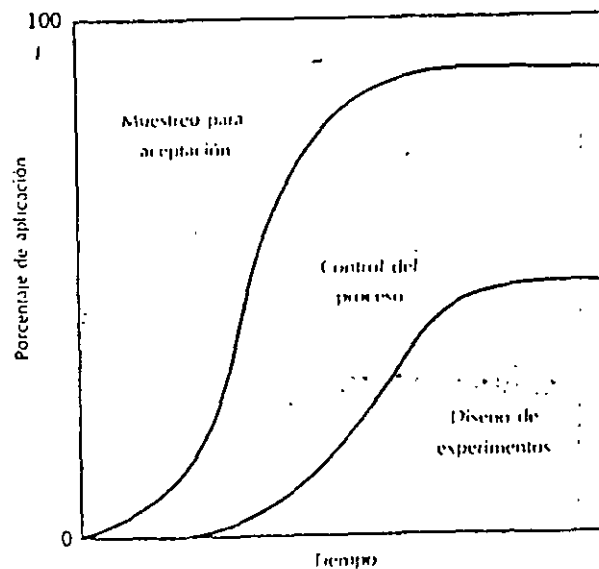


Figura 1-2. Diagrama de fases del uso de los métodos de aseguramiento de la calidad.

algún estándar, y (3) efectuar alguna acción si el comportamiento observado difiere del estándar.

Control de calidad: proceso mediante el cual se mide el comportamiento real de un producto en términos de calidad, se compara con algún estándar, y se actúa sobre la diferencia.

La función de calidad

Para alcanzar un determinado nivel de calidad, se requiere de una amplia gama de actividades identificables, o *tareas* de calidad (*quality tasks*). Por ejemplo, mercadotecnia, producción, servicio, etc.

La *función de calidad* es el conjunto de actividades a través de las cuales se alcanza el *fitness for use*, sin importar dónde se efectúen dichas actividades.

La función de calidad involucra a *toda* la organización e incluye a proveedores.

Métodos de aseguramiento de la calidad

Las tecnologías para el aseguramiento de la calidad se centran principalmente en tres grandes áreas: (1) diseño de experimentos, (2) control estadístico del proceso, y (3) muestreo para aceptación.

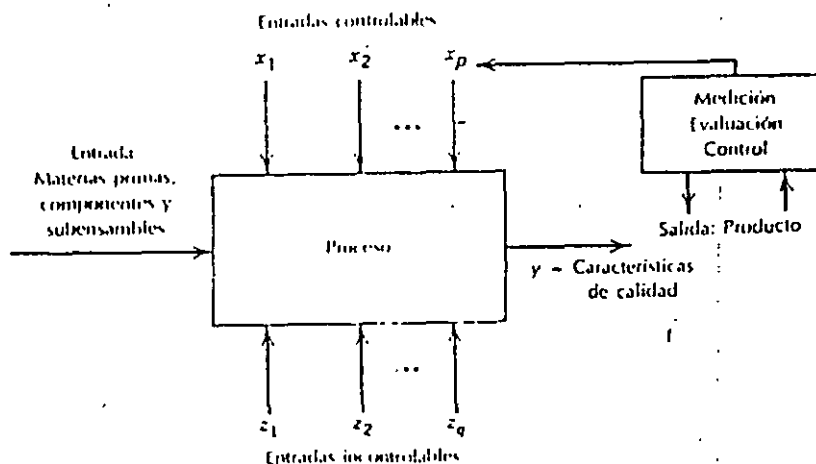


Figura 1-1. Entradas y salidas de un proceso de producción.

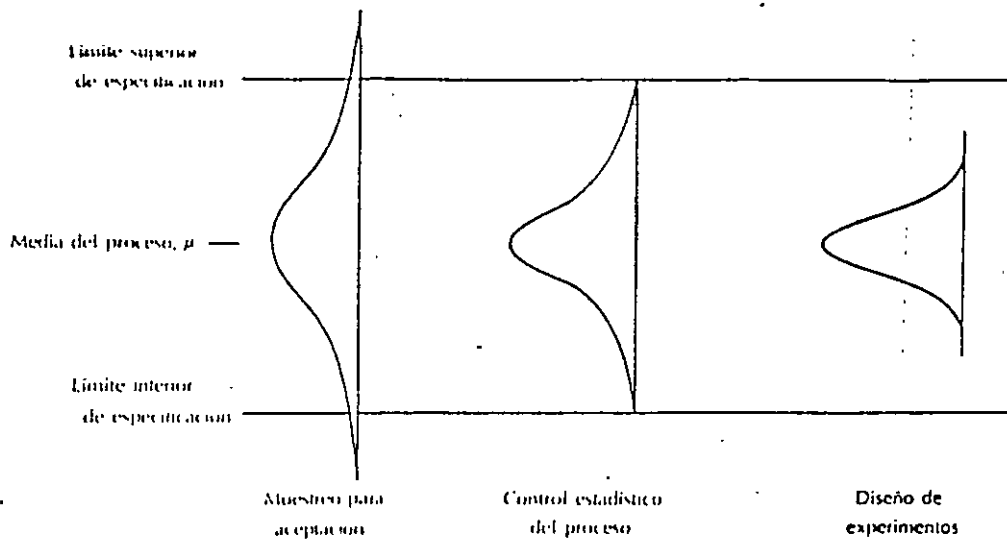


Figura 1-3. Aplicación de las técnicas de aseguramiento de calidad y la reducción sistemática de la variabilidad del proceso.

Bibliografía

Juran, J.M., and F. M. Gryna, Jr., *Quality Planning and Analysis*, 2/e, McGraw-Hill, New York, 1980.

Montgomery, D.C., *Introducción al control estadístico de la calidad*, Grupo Editorial Iberoamérica, México, 1991.

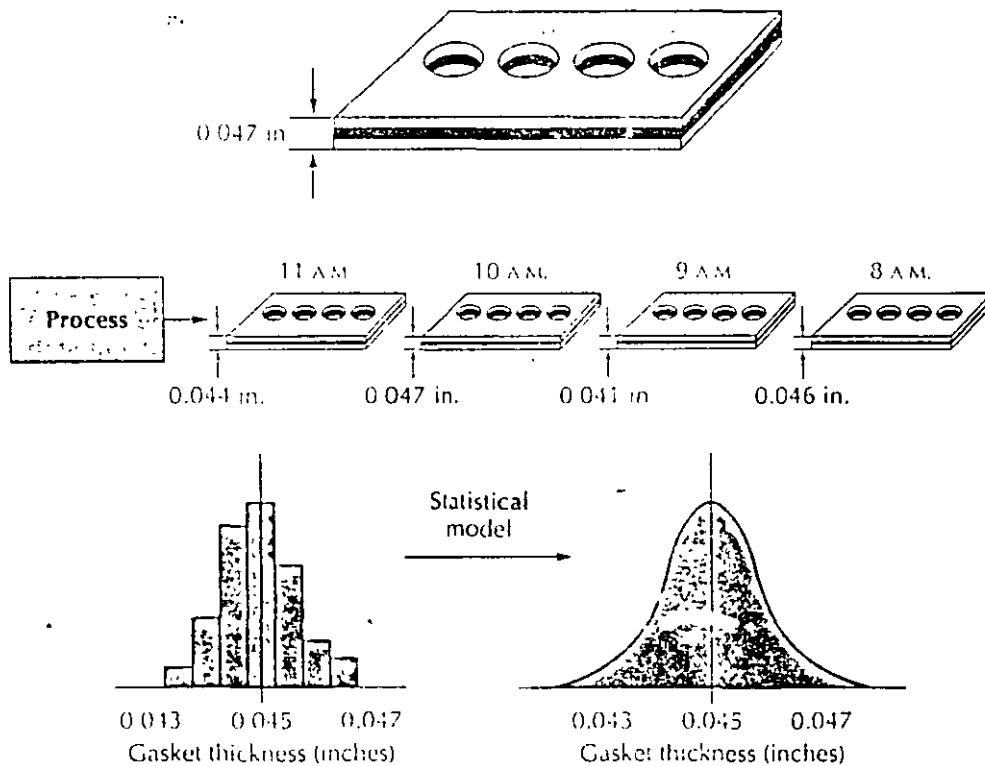
VARIABILIDAD Y ESTIMACIÓN

EVOLUCION DE UN PROCESO EN EL TIEMPO

LOS DATOS PARA ANALIZAR Y CONTROLAR UN PROCESO, ASI COMO PREDECIR EL COMPORTAMIENTO DEL MISMO, SE VAN GENERANDO A LO LARGO DEL TIEMPO

EJEMPLO

SE DESEA CONTROLAR ESTADISTICAMENTE EL PROCESO DE PRODUCCION DE UNA PIEZA. LA VARIABLE DE INTERES ES SU ESPESOR. PARA ELLO, SE TOMARAN MEDICIONES CADA HORA



¡EL PROCESO MAS PERFECTO PRESENTA VARIACION!

VARIACION COMUN

VARIACION INHERENTE A UN PROCESO. ES PRECISO CONSIDERARLA PARA ANALIZAR, CONTROLAR Y PREDECIR EL COMPORTAMIENTO DE UN PROCESO

EJEMPLO

SE DESEA CONTROLAR UN PROCESO. SE EFECTUAN MEDICIONES DE LA CARACTERISTICA DE CALIDAD CADA HORA PARA ANALIZAR SU LOCALIZACION Y SU DISPERSION. LOS DATOS DE LAS TRES PRIMERAS HORAS SON:

HO RA	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
7:00	4	5	5	4	8	4	3	7
8:00	0	2	1	5	3	2	0	3
9:00	6	9	9	7	8	7	9	9

LA MEDIA DEL PROCESO ES:

LA VARIANZA Y LA DESVIACION ESTANDAR SON:

EJEMPLO

ANALICE EL EJEMPLO ANTERIOR COMPARANDO LOS DIAGRAMAS DE CAJA PARA CADA UNA DE LAS HORAS

LA VARIABILIDAD DE TODO EL CONJUNTO DE DATOS DEPENDE DE:

VARIACION DENTRO DE LOS SUBGRUPOS (*WITHIN VARIABILITY*):

ATRIBUIBLE A CAUSAS COMUNES

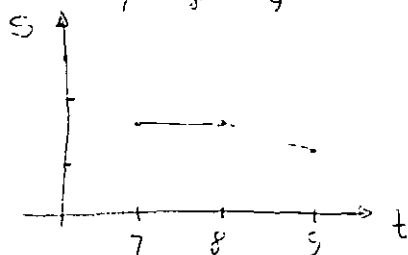
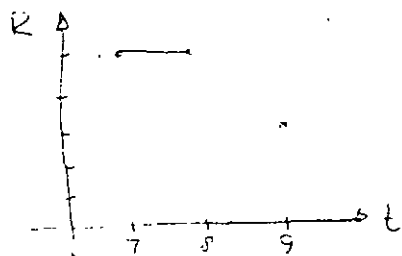
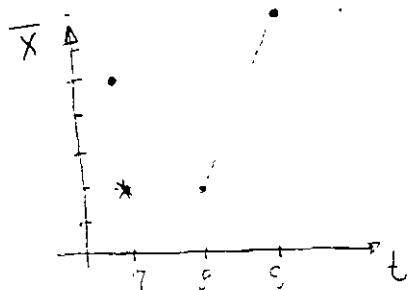
VARIACION ENTRE LOS SUBGRUPOS (*BETWEEN VARIABILITY*):

ATRIBUIBLE A CAUSAS ESPECIALES

EJEMPLO

DETERMINE Y GRAFIQUE (EN EL TIEMPO) LA MEDIA, EL RANGO Y LA DESVIACION ESTANDAR PARA CADA UNA DE LAS HORAS DEL EJEMPLO ANTERIOR

HORA	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	\bar{X}	R	s
7:00	4	5	5	4	8	4	3	7	5	5	1.65
8:00	0	2	1	5	3	2	0	3	2	5	1.65
9:00	6	9	9	7	8	7	9	9	8	3	1.15



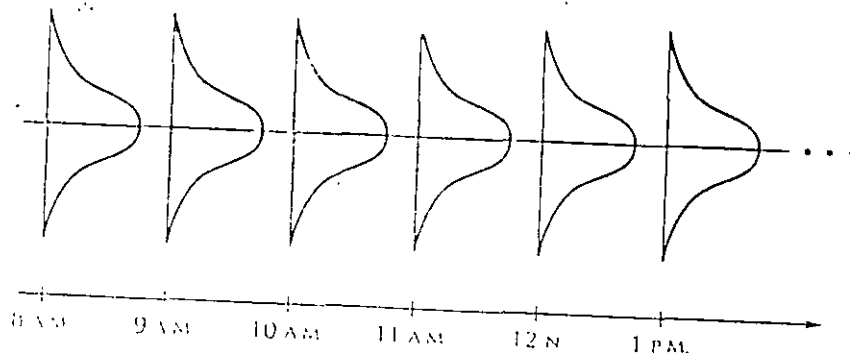
Como medida de dispersion tenemos: rango y dispersion.

PROCESO ESTABLE (O BAJO CONTROL)

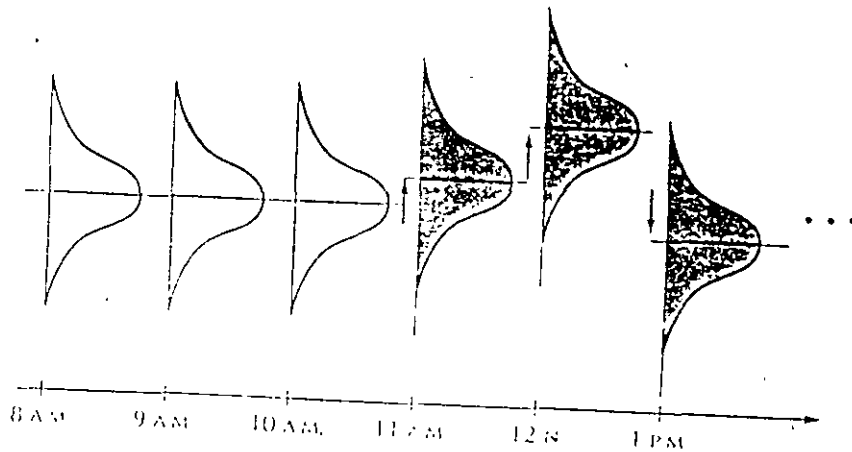
PROCESO SUJETO SOLO A VARIACION COMUN. PERMITE PREDECIR EL COMPORTAMIENTO DE UN PROCESO

PROCESO INESTABLE (O FUERA DE CONTROL)

PROCESO QUE TIENE VARIACION ESPECIAL Y COMUN. NO ES POSIBLE PREDECIR SU COMPORTAMIENTO

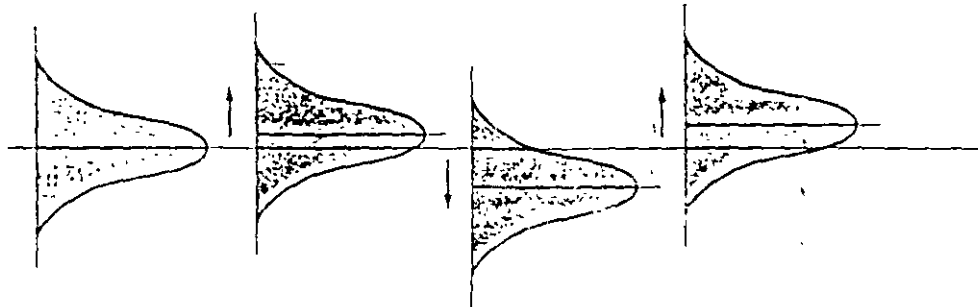


(a)

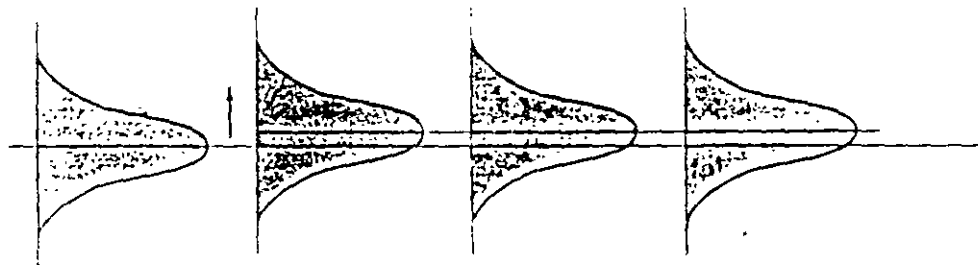


Shifting process
mean beginning at 11 AM.

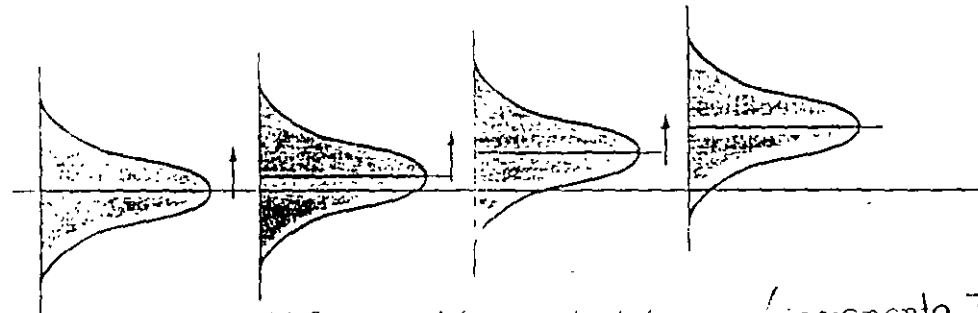
CAMBIOS EN LA LOCALIZACION (CONSIDERANDO LA MEDIA DEL PROCESO)



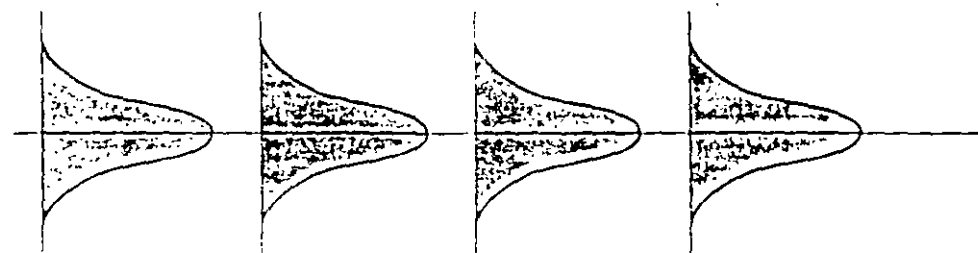
(a) Erratic shifts in mean level of process.



(b) Abrupt and sustained shift in mean level of process.



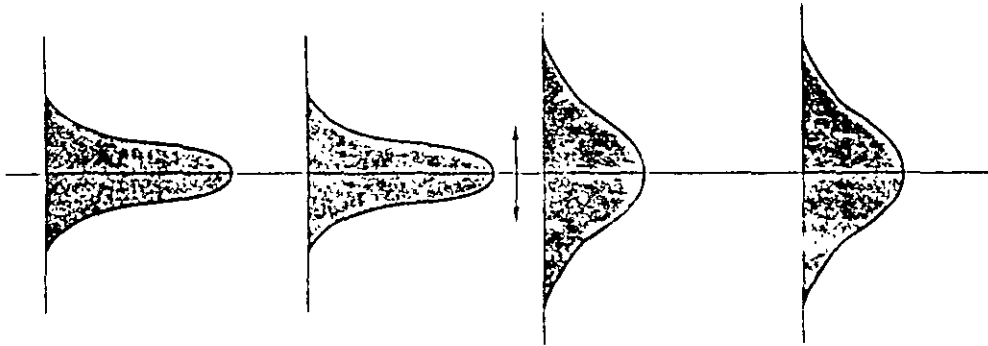
(c) Systematic shift in mean level of process. (incrementa \bar{x})



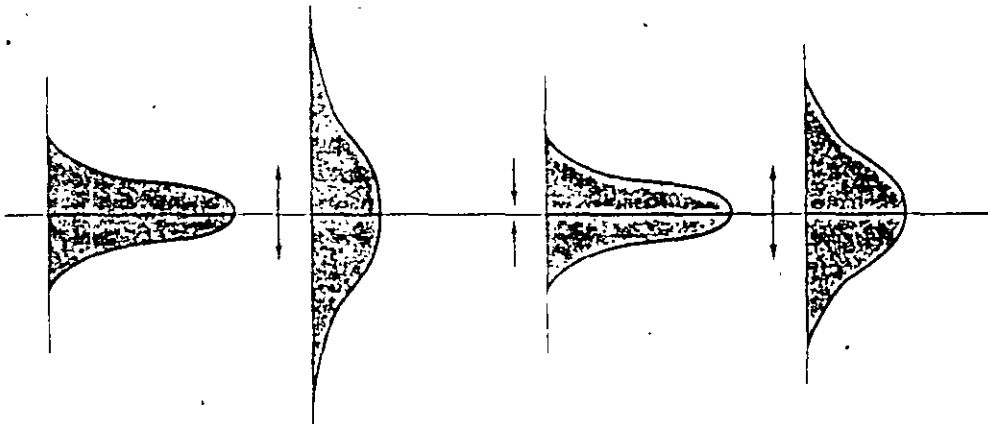
(d) Constant mean level for process. in control.

Time →

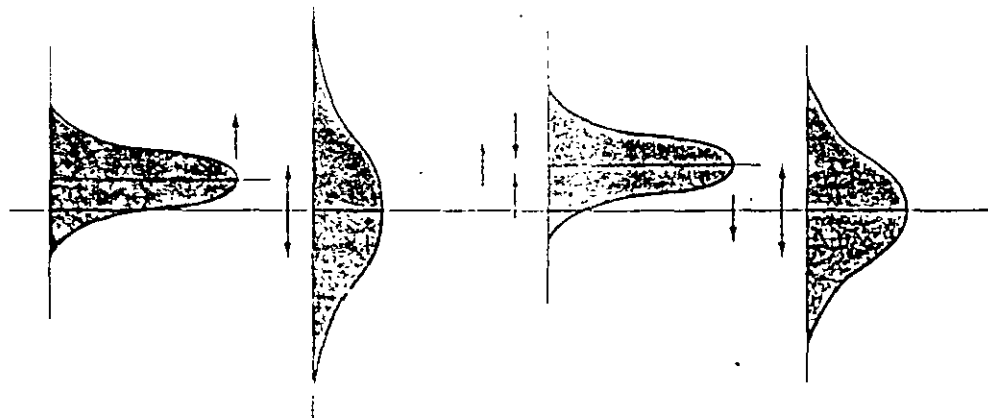
CAMBIOS EN LA DISPERSION DE UN PROCESO



(a) Sustained shift in process variation.



(b) Erratic shifts in process variation.



(c) Erratic shifts in both process mean and process variation.

Time →

EJEMPLO

UN PROCESO DE PRODUCCION ESTABLE GENERA UNA CARACTERISTICA DE CALIDAD SIGUE UNA DISTRIBUCION NORMAL CON $\mu=30$ Y $\sigma = 10$.

- 1. DETERMINE EL PORCENTAJE DE PIEZAS PARA LAS CUALES $X > 60$
- 2. DETERMINE EL PORCENTAJE DE PIEZAS PARA LAS CUALES $X \geq 60$
- 3. DETERMINE EL PORCENTAJE DE PIEZAS ENTRE 10 Y 50

EL TAZON DE SHEWHART (SHEWHART'S BOWL)

SHEWHART REALIZO UN EXPERIMENTO DE SIMULACION QUE
ERMITIO DESARROLLAR LAS BASES DEL CONTROL ESTADISTICO
DE PROCESOS

EL SIGUIENTE EXPERIMENTO, QUE REPITE EL EXPERIMENTO DE
SHEWHART, FUE REALIZADO EN COMPUTADORA:

EJEMPLO (TAZON DE SHEWHART)

CONSIDERE UN PROCESO ESTABLE QUE GENERA UNA
CARACTERISTICA DE CALIDAD CON DISTRIBUCION NORMAL ($\mu=30$
Y $\sigma = 10$).

- SIMULE 1000 SUBGRUPOS DE TAMAÑO 4 (LA TABLA 1 MUESTRA
LOS PRIMEROS 25 SUBGRUPOS)
- ELABORE EL HISTOGRAMA DE LAS 4,000 OBSERVACIONES

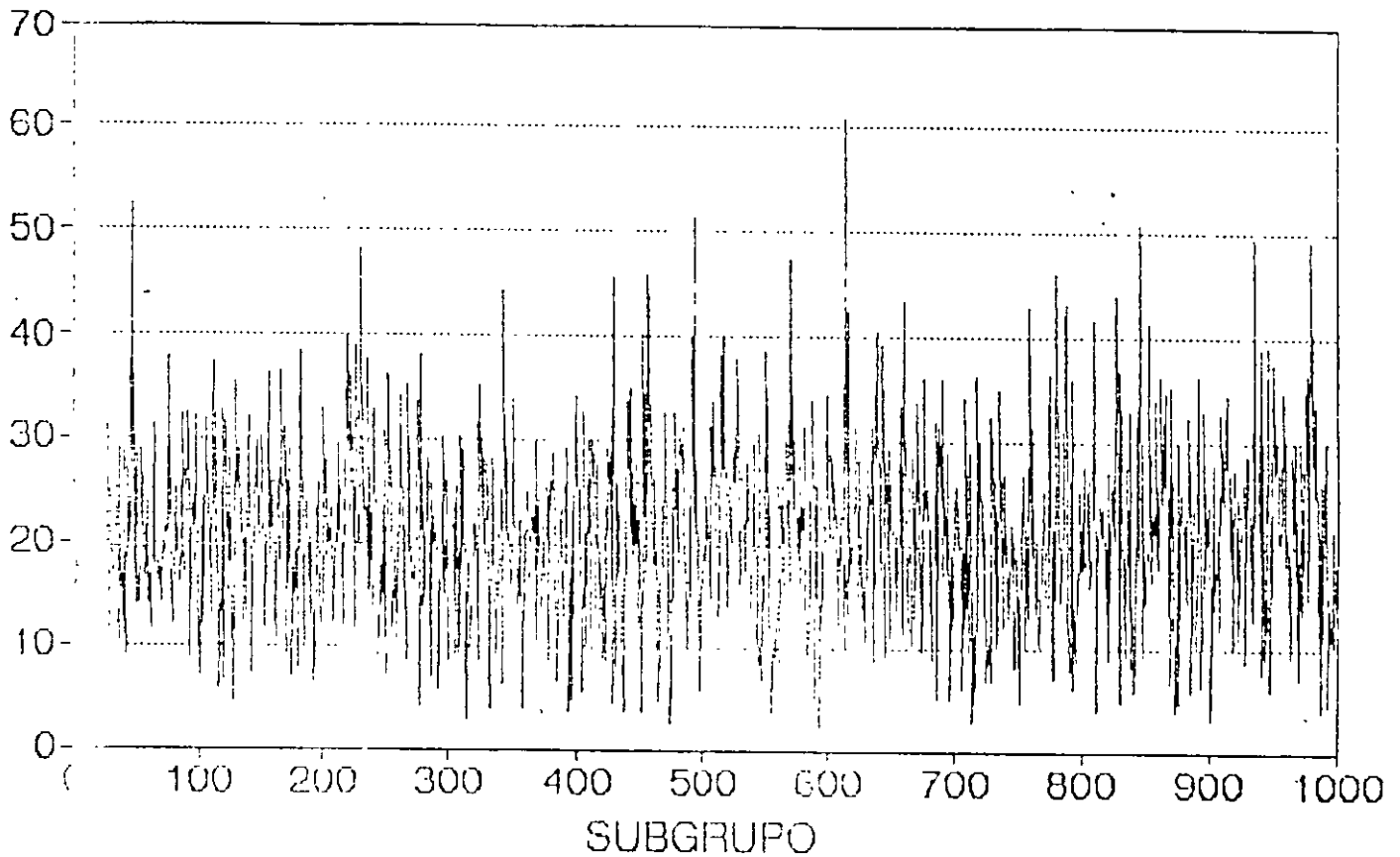
LOS PARAMETROS DE LA POBLACION SON:

DE LOCALIZACION, LA _____ DE LA POBLACION, μ
DE DISPERSION, _____ DE LA POBLACION, σ

EN EL EJEMPLO SE CONOCE LA POBLACION, EN LA PRACTICA, ESTO
NO SUCEDE, ES NECESARIO ESTIMAR LOS PARAMETROS DE LA
POBLACION. PARA ESTIMAR:

μ SE PUEDE USAR LA _____ DE LA MUESTRA \bar{X}
 σ SE PUEDE USAR EL _____ R DE LA MUESTRA O LA
_____ S DE LA MUESTRA

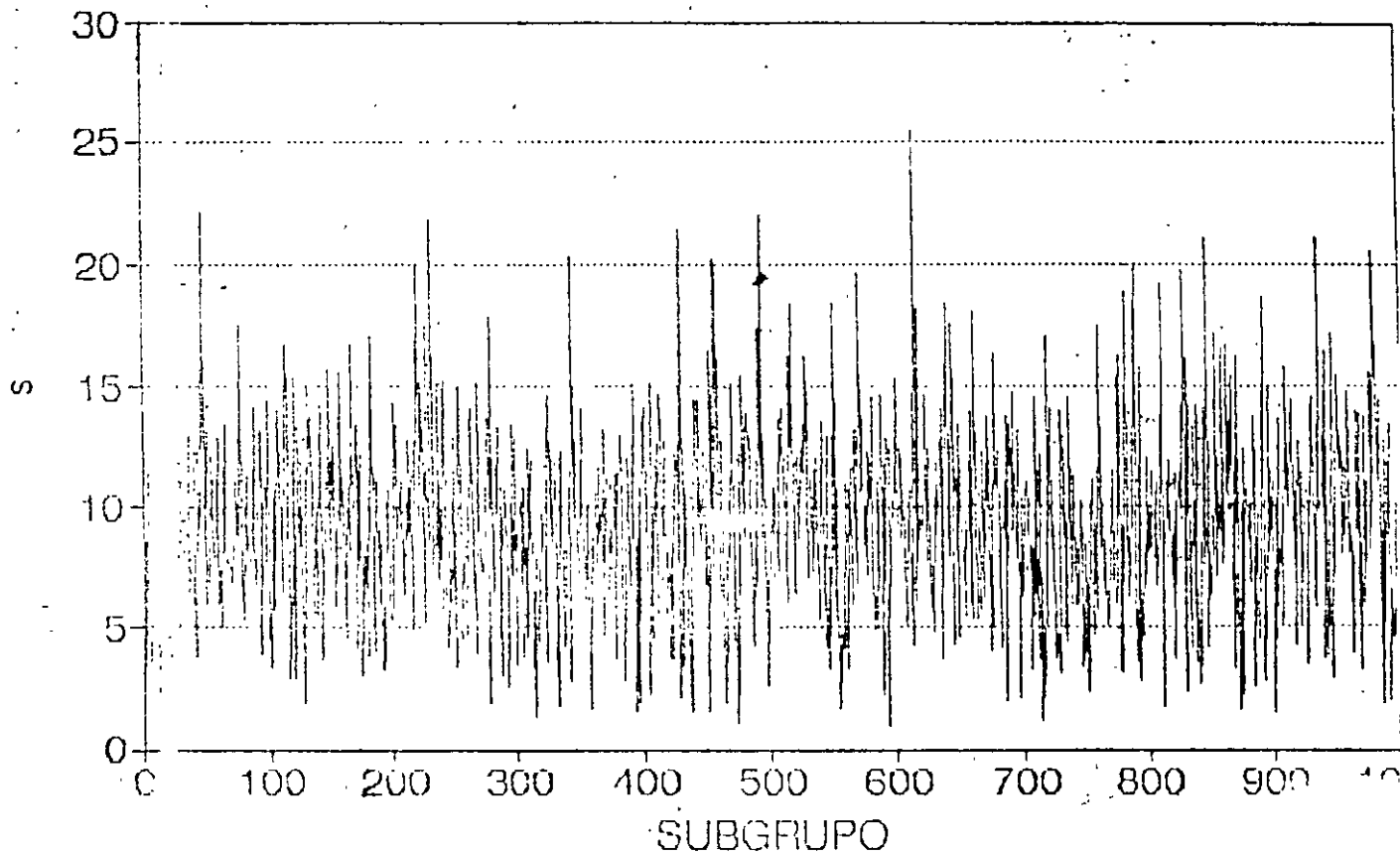
DISPERSION: RANGOS DEL TAZON DE SHEWHART



EL RANGO DE LAS MUESTRAS ES UNA VARIABLE ALEATORIA:

- CON MEDIA (PROMEDIO) DE 20.50687
- CON DISPERSION (VALOR MAS ALTO: 60.87, VALOR MAS BAJO: 2.02)

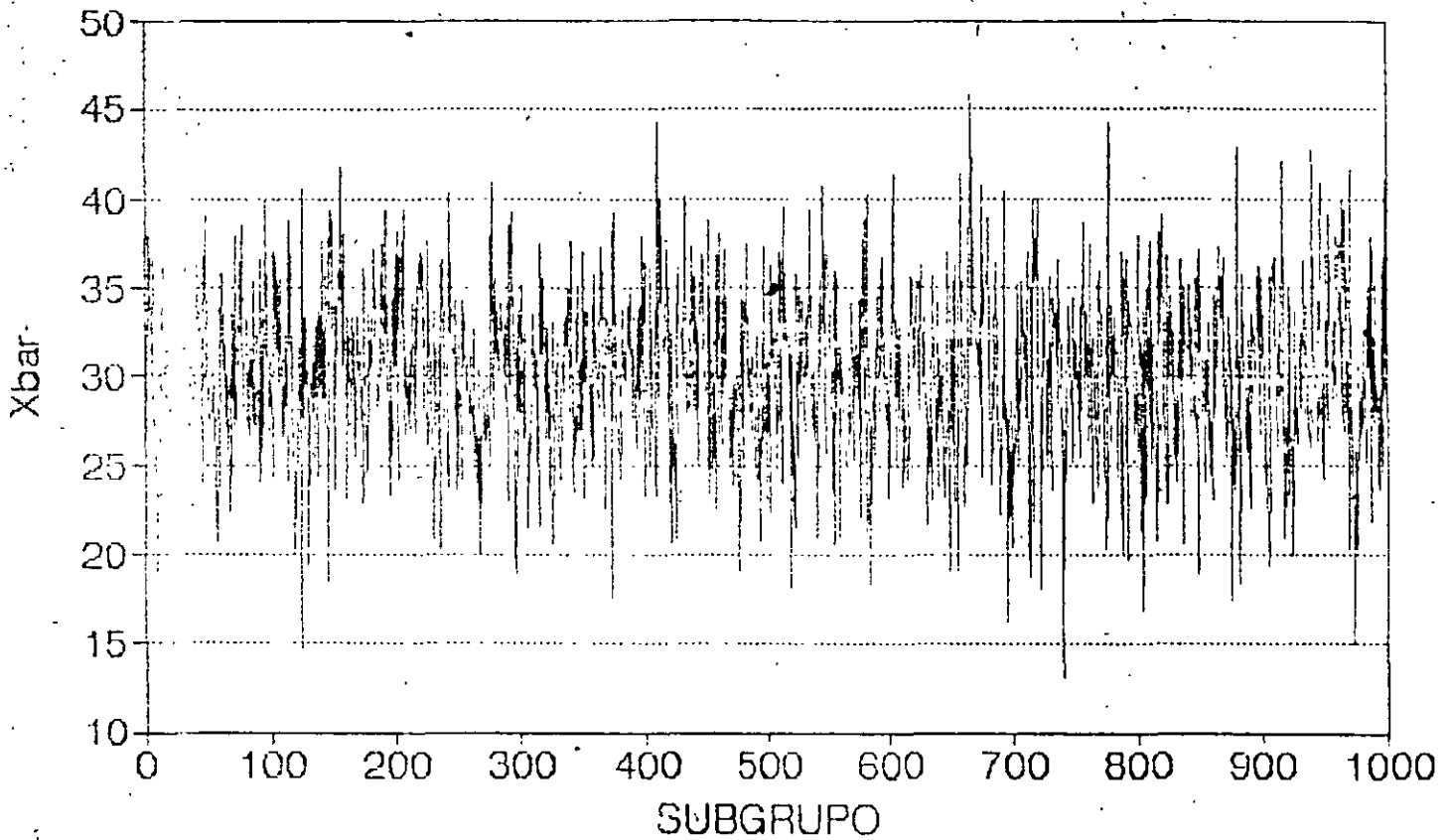
DISPERSION: DESVIACIONES ESTANDAR DEL TAZON DE SHEWHART



LA DESVIACION ESTANDAR DE LAS MUESTRAS ES UNA VARIABLE ALEATORIA:

- CON MEDIA (PROMEDIO) DE 9.160553
- CON DISPERSION (VALOR MAS ALTO: 25.36963, VALOR MAS BAJO: 0.968745)

**LOCALIZACION: MEDIAS DE LAS MUESTRAS DEL
TAZON DE SHEWHART**



LA MEDIA DE LAS MUESTRAS ES UNA VARIABLE ALEATORIA:

- CON MEDIA (PROMEDIO) DE 30.07554
- CON DISPERSION (VALOR MAS ALTO: 45.6775, VALOR MAS BAJO: 12.97)

**COMPORTAMIENTO DE LA MEDIA DE LAS MUESTRAS
(TEOREMA DEL LIMITE CENTRAL)**

LA MEDIA DE LAS MUESTRAS \bar{X} (INDEPENDIENTEMENTE DE LA DISTRIBUCION DE LA VARIABLE ORIGINAL) ES ASINTOTICAMENTE NORMAL:

$$\bar{X} \rightarrow \text{NORMAL, CON}$$
$$\mu_{\bar{X}} \approx \mu \quad \text{Y} \quad \sigma_{\bar{X}} \approx \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

EJEMPLO

PARA EL EXPERIMENTO DE SHEWHART, DETERMINE LA PROBABILIDAD DE QUE LA MEDIA DE UN SUBGRUPO:

- a. SEA MAYOR QUE 60 (SI $n = 4$)
- b. SEA MAYOR QUE 60 (SI $n = 9$)
- c. ESTE ENTRE 20 Y 50 (SI $n = 4$)
- d. ESTE ENTRE 20 Y 50 (SI $n = 9$)

RELACION ENTRE σ Y R

SI LA CARACTERISTICA DE CALIDAD SIGUE UNA DISTRIBUCION NORMAL, ENTONCES EL RANGO DE LA MUESTRA R ES UNA VARIABLE ALEATORIA CUYA MEDIA ES:

$$\bar{R} = d_2\sigma$$

d_2 : constante que depende del tamaño de los subgrupos (se presenta en la tabla C del apéndice 3)

EJEMPLO

PARA LOS 1000 SUBGRUPOS OBSERVADOS EN EL EXPERIMENTO DE EMULACION DEL TAZON DE SHEWHART SE OBTUVO $\bar{R} = 20.50687$. ESTIME:

1. LA DESVIACION ESTANDAR DE LA CARACTERISTICA DE CALIDAD
2. LA DESVIACION ESTANDAR DE LAS MEDIAS DE LAS MUESTRAS

ES CONVENIENTE UTILIZAR EL RANGO CUANDO EL TAMAÑO DE LOS SUBGRUPOS ES MENOR O IGUAL QUE 10

RELACION ENTRE σ Y s

SI LA CARACTERISTICA DE CALIDAD SIGUE UNA DISTRIBUCION NORMAL, ENTONCES LA DESVIACION ESTANDAR DE LA MUESTRA s ES UNA VARIABLE ALEATORIA CUYA MEDIA ES:

$$\bar{s} = c_4\sigma$$

c_4 : constante que depende del tamaño de los subgrupos (se presenta en la tabla C del apéndice 3)

EJEMPLO

PARA LOS 1000 SUBGRUPOS OBSERVADOS EN EL EXPERIMENTO DE SIMULACION DEL TAZON DE SHEWHART SE OBTUVO $\bar{s} = 9.160553$. ESTIME:

- LA DESVIACION ESTANDAR DE LA CARACTERISTICA DE CALIDAD
- LA DESVIACION ESTANDAR DE LAS MEDIAS DE LAS MUESTRAS

UTILICE LA DESVIACION ESTANDAR DE LA MUESTRA CUANDO EL TAMAÑO DE LOS SUBGRUPOS ES MAYOR QUE 10

RELACIONES ENTRE μ Y \bar{X}

$$\mu = \mu_{\bar{X}}$$

POR LO TANTO:

$$\hat{\mu} = \bar{\bar{X}}$$

$\bar{\bar{X}}$: promedio de valores de \bar{X}

EJEMPLO

PARA LOS 1000 SUBGRUPOS OBSERVADOS EN EL EXPERIMENTO DE SIMULACION DEL TAZON DE SHEWHART SE OBTUVO $\Sigma \bar{X} = 30,075.54$

- ESTIME μ
- LA PROBABILIDAD DE QUE X SEA MAYOR QUE 60
- LA PROBABILIDAD DE QUE X ESTE ENTRE 10 Y 50
- LA PROBABILIDAD DE QUE LA MEDIA DE UNA MUESTRA SEA MAYOR QUE 60
- LA PROBABILIDAD DE QUE LA MEDIA DE UNA MUESTRA ESTE ENTRE 10 Y 50

TABLA 1 TAZON DE SHEWHART: 100 DATOS (25 SUBGRUPOS)

SUB-GRUPO					xbar	R	s
1	48.62	18.51	21.97	23.93	28.2575	30.1100	13.7587
2	29.74	21.92	25.99	28.59	26.5600	7.8200	3.4683
3	30.81	45.12	39.29	35.16	37.8450	14.3100	5.9818
4	32.94	25.22	30.54	52.03	35.4325	25.8100	11.4090
5	24.3	35.89	38.07	47.88	36.5350	23.5800	9.6812
6	34.47	25.82	32.53	29.1	30.7300	7.6500	3.4241
7	48.11	33.17	38.2	45.54	36.5050	21.5700	9.0916
8	32.97	36.48	17.34	24.82	28.0275	18.6400	8.3655
9	24.48	36.95	16.81	26.63	26.2175	20.1400	8.3041
10	21.14	29.5	32.68	27.2	27.6300	11.5400	4.8753
11	16.94	24.64	26.09	7.39	18.7650	18.7000	8.5808
12	22.65	44.19	24.64	24.77	29.0650	21.5300	10.1295
13	19.78	21.59	24.77	23.79	22.4825	4.9900	2.2392
14	12.05	32.83	34.38	23.76	25.7550	22.3300	10.2673
15	29.29	30.2	43.8	24.2	31.8725	19.6000	8.3785
16	37.37	41.24	34.63	30.87	36.0275	10.3700	4.3789
17	25.44	31.31	35.05	20.43	28.0575	14.6200	6.4421
18	33.47	12.27	33.21	24.31	25.8150	21.2000	9.9836
19	35	33.67	41.08	20.53	32.5700	20.5500	8.6506
20	36.89	30.26	38.04	27.38	32.6425	9.5100	4.5809
21	29.74	15.48	22.81	28.39	24.1050	14.2600	6.4854
22	25.79	25.25	28.97	33.39	28.3500	8.1400	3.7394
23	42.63	31.15	22.02	22.41	31.3025	20.6100	8.5261
24	23.54	44.62	32.25	29.02	32.3600	21.0800	8.9306
25	37.81	25.67	42.05	36.54	35.5200	16.3900	6.9780

HISTOGRAMA \bar{X} (n=1,000)

TAZON DE SHEWHART

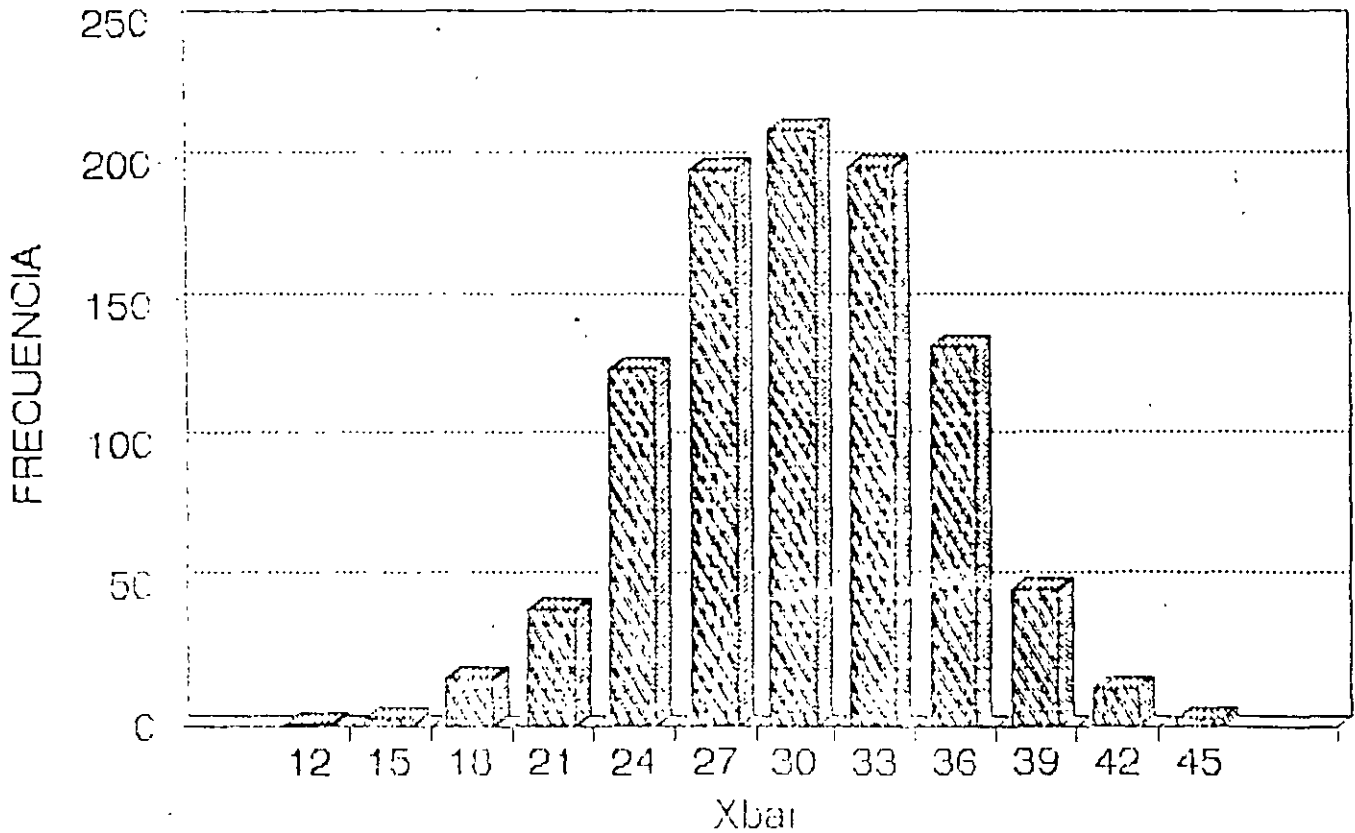
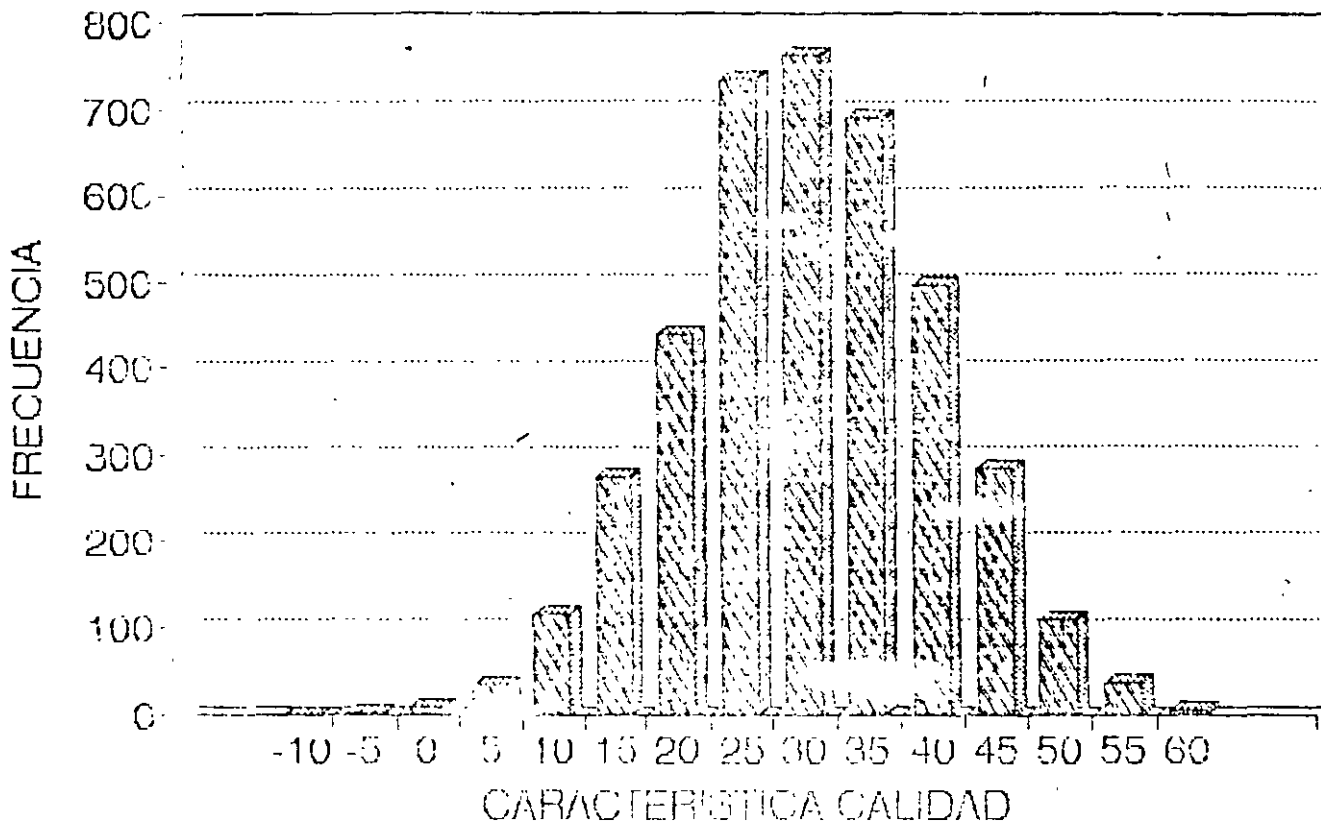


FIG. 1 HISTOGRAMA DE OBSERVACIONES (n=4,000)



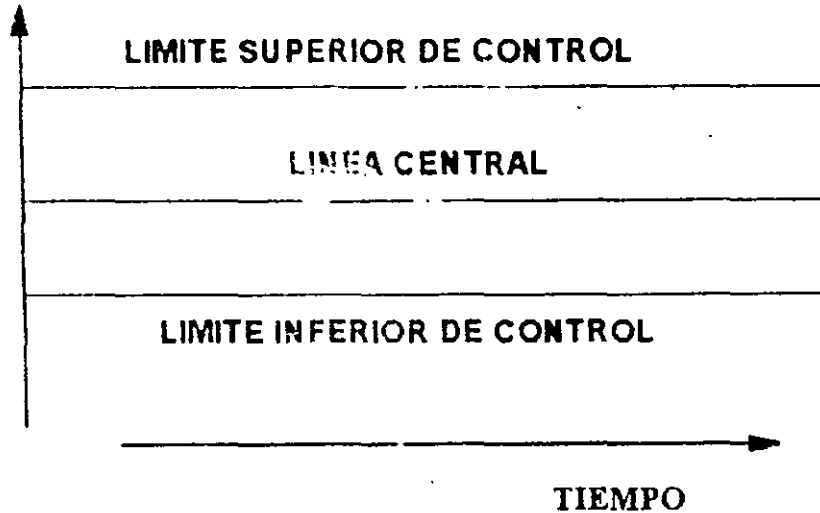
DIÁGRAMA DE CONTROL PARA VARIABLES

DIAGRAMA DE CONTROL

HERRAMIENTA GRAFICA QUE AYUDA A DETECTAR LA PRESENCIA DE CAUSAS ESPECIALES O ASIGNABLES DE CAMBIO EN EL PATRON DE VARIACION DE UNA CARACTERISTICA DE CALIDAD.

COMPONENTES DE UN DIAGRAMA DE CONTROL

OBSERVACIONES



REGLA DE DECISION

SI UN PUNTO RELACIONADO CON ALGUN SUBGRUPO CAE FUERA DE LOS LIMITES DE CONTROL, SE CONSIDERA QUE EL SUBGRUPO ES "ANORMAL": HAY EVIDENCIA DE UN CAMBIO EN EL PROCESO

EJEMPLO

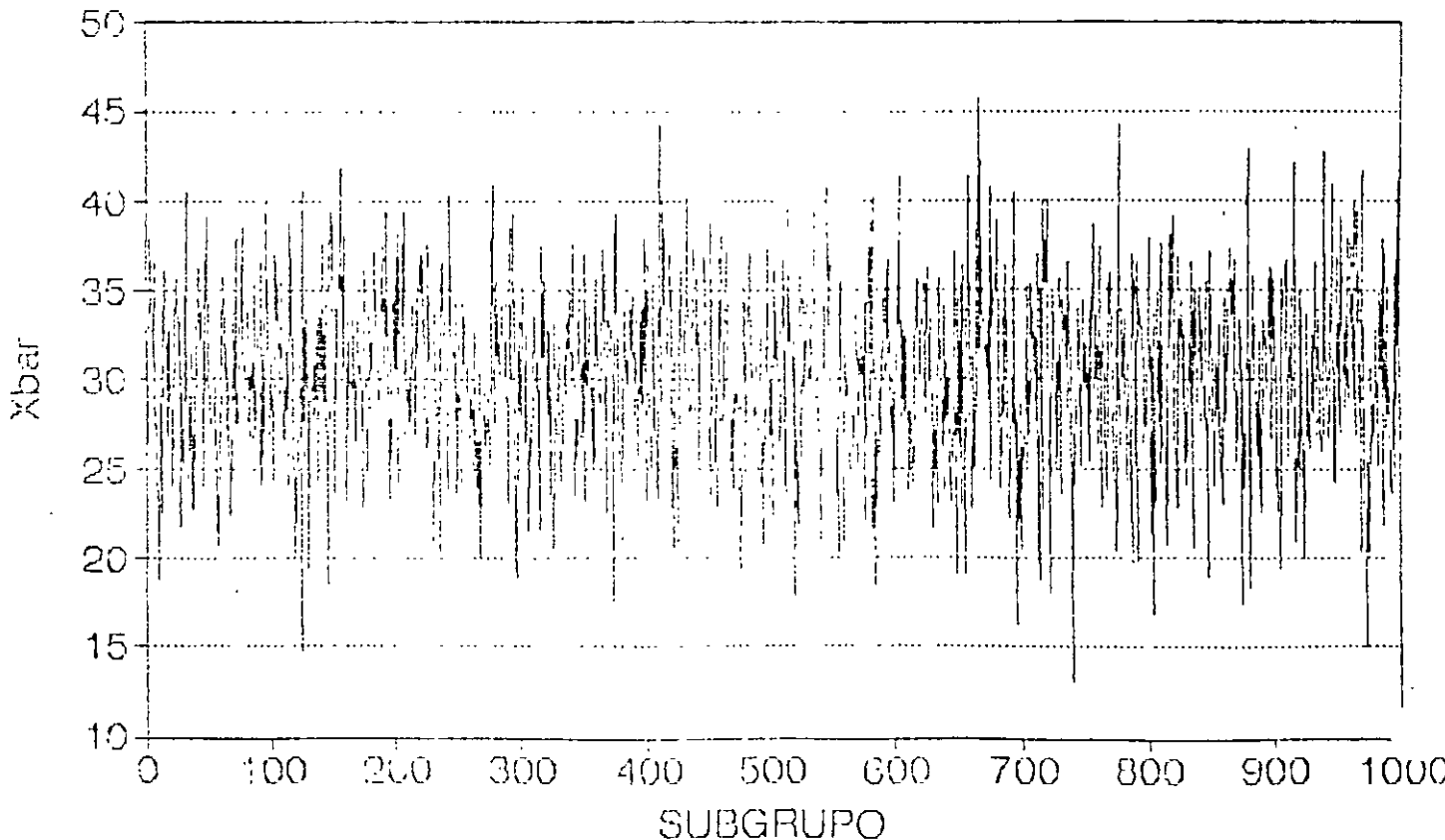
EL DIAGRAMA DE CONTROL (USANDO LA CONVENCION USUAL EN NORTEAMERICA) PARA LAS MEDIAS DE LAS MUESTRAS (\bar{X}) SI LA CARACTERISTICA DE CALIDAD ES NORMAL CON $\mu = 30$, $\sigma = 10$ Y LOS SUBGRUPOS SON DE TAMAÑO $n = 4$ TIENE LAS SIGUIENTES CARACTERISTICAS:

$$LC = 30$$

$$LSC = 45$$

$$LIC = 15$$

EL DIAGRAMA DE CONTROL PARA LAS MEDIAS DE LAS MUESTRAS (\bar{X}) DE LOS 1,000 SUBGRUPOS DEL TAZON DE SHEWHART (VARIABLE ORIGINAL: NORMAL CON $\mu = 30$, $\sigma = 10$) ES:



PUNTOS FUERA DE CONTROL:

1. El punto 127, para el cual $\bar{x} = 14.7375$,
2. El punto 669, para el cual $\bar{x} = 45.6775$, y
3. El punto 744, para el cual $\bar{x} = 12.97$.

SIN EMBARGO, ¡EL PROCESO ES ESTABLE!

AL APLICAR UN DIAGRAMA DE CONTROL ES POSIBLE COMETER "ERRORES"

TIPOS DE ERROR

CONCLUSION (diag. control):	ESTADO REAL DEL PROCESO:	
	Estable	Inestable
Proceso Estable	<i>ERROR TIPO I</i> (Falsa alarma) α	<i>CONCLUSION</i> <i>CORRECTA</i>
Proceso Inestable	<i>CONCLUSION</i> <i>CORRECTA</i>	<i>ERROR TIPO II</i> (Cambio no detectado) β

- LIMITES DE CONTROL MUY AMPLIOS (MUY SEPARADOS DE LA LINEA CENTRAL) REDUCEN EL ERROR TIPO I.
- LIMITES DE CONTROL MUY AMPLIOS AUMENTAN EL ERROR TIPO II.

ES NECESARIO BALANCEAR AMBOS TIPOS DE ERRORES

**CONVENCION NORTEAMERICANA PARA LIMITES DE CONTROL
(LIMITES 3-SIGMA)**

LOS LIMITES DE CONTROL SE UBICAN A UNA DISTANCIA DE ± 3 VECES LA DESVIACION ESTANDAR DE LO QUE SE ESTE CONTROLANDO (\bar{X} , R, s, MR, \bar{n} , Np, ETC)

**DIAGRAMA DE CONTROL PARA \bar{X}
(μ Y σ CONOCIDOS)**

$$LC = \mu_{\bar{X}} = \mu$$

$$LSC = \mu_{\bar{X}} + 3\sigma_{\bar{X}} = \mu_{\bar{X}} + 3\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$LIC = \mu_{\bar{X}} - 3\sigma_{\bar{X}} = \mu_{\bar{X}} - 3\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

LOS LIMITES DE CONTROL SON SIMETRICOS ALREDEDOR DE LC

EJEMPLO

DETERMINE LC, LSC Y LIC PARA LAS MEDIAS DE LAS MUESTRAS (\bar{X}) PARA EL EXPERIMENTO DEL TAZON DE SHEWHART: LA CARACTERISTICA DE CALIDAD (VARIABLE ORIGINAL) ES NORMAL CON $\mu = 30$, $\sigma = 10$

$$LC = \mu_{\bar{X}} = \underline{\hspace{4cm}}$$

$$LSC = \mu_{\bar{X}} + 3\sigma_{\bar{X}} = \underline{\hspace{4cm}}$$

$$LIC = \mu_{\bar{X}} - 3\sigma_{\bar{X}} = \underline{\hspace{4cm}}$$

PARA FACILITAR CALCULOS DE $3\sigma_{\bar{X}}$, LA TABLA F, APENDICE 3 PRESENTA VALORES DEL FACTOR $A = \frac{3}{\sqrt{n}}$. USANDO ESTE FACTOR:

$$LC = \mu_{\bar{X}} = \mu$$

$$LSC = \mu_{\bar{X}} + 3\sigma_{\bar{X}} = \mu + A\sigma$$

$$LIC = \mu_{\bar{X}} - 3\sigma_{\bar{X}} = \mu - A\sigma$$

La amplitud de las bandas entre la línea central y los límites de control depende de la variabilidad de los datos (medida a través de σ) y del tamaño de los subgrupos n .

DIAGRAMA DE CONTROL PARA \bar{X}
(μ Y σ DESCONOCIDOS)

$$LC = \hat{\mu}_{\bar{X}} = \hat{\mu} = \bar{\bar{X}}$$

$$LSC = \bar{\bar{X}} + 3\hat{\sigma}_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + 3\frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{n}}$$

$$LIC = \bar{\bar{X}} - 3\hat{\sigma}_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - 3\frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{n}}$$

LOS LIMITES DE CONTROL SON SIMETRICOS ALREDEDOR DE LC

ESTIMACION DE $\hat{\sigma}_{\bar{X}}$

A PARTIR DEL RANGO DE LAS MUESTRAS:

$$\hat{\sigma}_{\bar{X}} = \frac{\bar{R}}{d_2\sqrt{n}}$$

A PARTIR DE LAS DESVIACIONES ESTANDAR DE LAS MUESTRAS:

$$\hat{\sigma}_{\bar{X}} = \frac{\bar{s}}{c_4\sqrt{n}}$$

EJEMPLO

LA SIGUIENTE TABLA MUESTRA LOS PRIMEROS 20 SUBGRUPOS DEL EXPERIMENTO DEL TAZON DE SHEWHART. DETERMINE LC, LSC Y LIC DEL DIAGRAMA DE CONTROL \bar{X} A PARTIR DE ESOS DATOS

SUB-GRUPO	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	\bar{X}	R	s
1	48.62	18.51	21.97	23.93	28.2575	30.11	13.7537
2	29.74	21.92	25.59	28.59	26.5600	7.82	3.4683
3	30.81	45.12	39.29	36.16	37.8450	14.31	5.9818
4	32.94	26.22	30.54	52.03	35.4325	25.81	11.4090
5	24.3	35.89	38.07	47.88	36.5350	23.58	9.6812
6	34.47	26.82	32.53	29.1	30.7300	7.65	3.4241
7	48.11	33.17	38.2	26.54	36.5050	21.57	9.0916
8	32.97	36.48	17.84	24.82	28.0275	18.64	8.3655
9	24.48	36.95	16.81	26.63	26.2175	20.14	8.3041
10	21.14	29.5	32.68	27.2	27.6300	11.54	4.8753
11	16.94	24.64	26.09	7.39	18.7650	18.70	8.5808
12	22.66	44.19	24.64	24.77	29.0650	21.53	10.1295
13	19.78	21.59	24.77	23.79	22.4825	4.99	2.2392
14	12.05	32.83	34.38	23.76	25.7550	22.33	10.2673
15	29.29	30.2	43.8	24.2	31.8725	19.60	8.3785
16	37.37	41.24	34.63	30.87	36.0275	10.37	4.3789
17	25.44	31.31	35.05	20.43	28.0575	14.62	6.4421
18	33.47	12.27	33.21	24.31	25.8150	21.20	9.9836
19	35	33.67	41.08	20.53	32.5700	20.55	8.6506
20	36.89	30.26	36.94	27.38	32.6425	9.51	4.5809

LOS TOTALES SON:

$$\sum_{j=1}^{20} \bar{X}_j = 596.7926, \quad \sum_{j=1}^{20} R_j = 344.57, \quad \sum_{j=1}^{20} s_j = 151.9911$$

DETERMINACION DE LA LINEA CENTRAL

$$LC = \hat{\mu}_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} =$$

DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONTROL

A partir del rango de la muestra:

$$LSC = \bar{\bar{X}} + 3\hat{\sigma}_{\bar{X}} =$$

$$LIC = \bar{\bar{X}} - 3\hat{\sigma}_{\bar{X}} =$$

A partir de la desviación estándar de la muestra:

$$LSC = \bar{\bar{X}} + 3\hat{\sigma}_{\bar{X}} =$$

$$LIC = \bar{\bar{X}} - 3\hat{\sigma}_{\bar{X}} =$$

PARA FACILITAR CALCULOS SE PUEDEN USAR LOS FACTORES:

$$A_2 = \frac{3}{d_2 \sqrt{n}}$$

$$A_3 = \frac{3}{c_4 \sqrt{n}}$$

CON LO QUE:

$$LSC = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} \quad Y \quad LIC = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

O

$$LSC = \bar{\bar{X}} + A_3 \bar{R} \quad Y \quad LIC = \bar{\bar{X}} - A_3 \bar{R}$$

EL FACTOR A_2 SE ENCUENTRA EN LA TABLA D, APENDICE 3

EL FACTOR A_3 SE ENCUENTRA EN LA TABLA E, APENDICE 3

DIAGRAMA DE CONTROL \bar{X} (A PARTIR DE R)

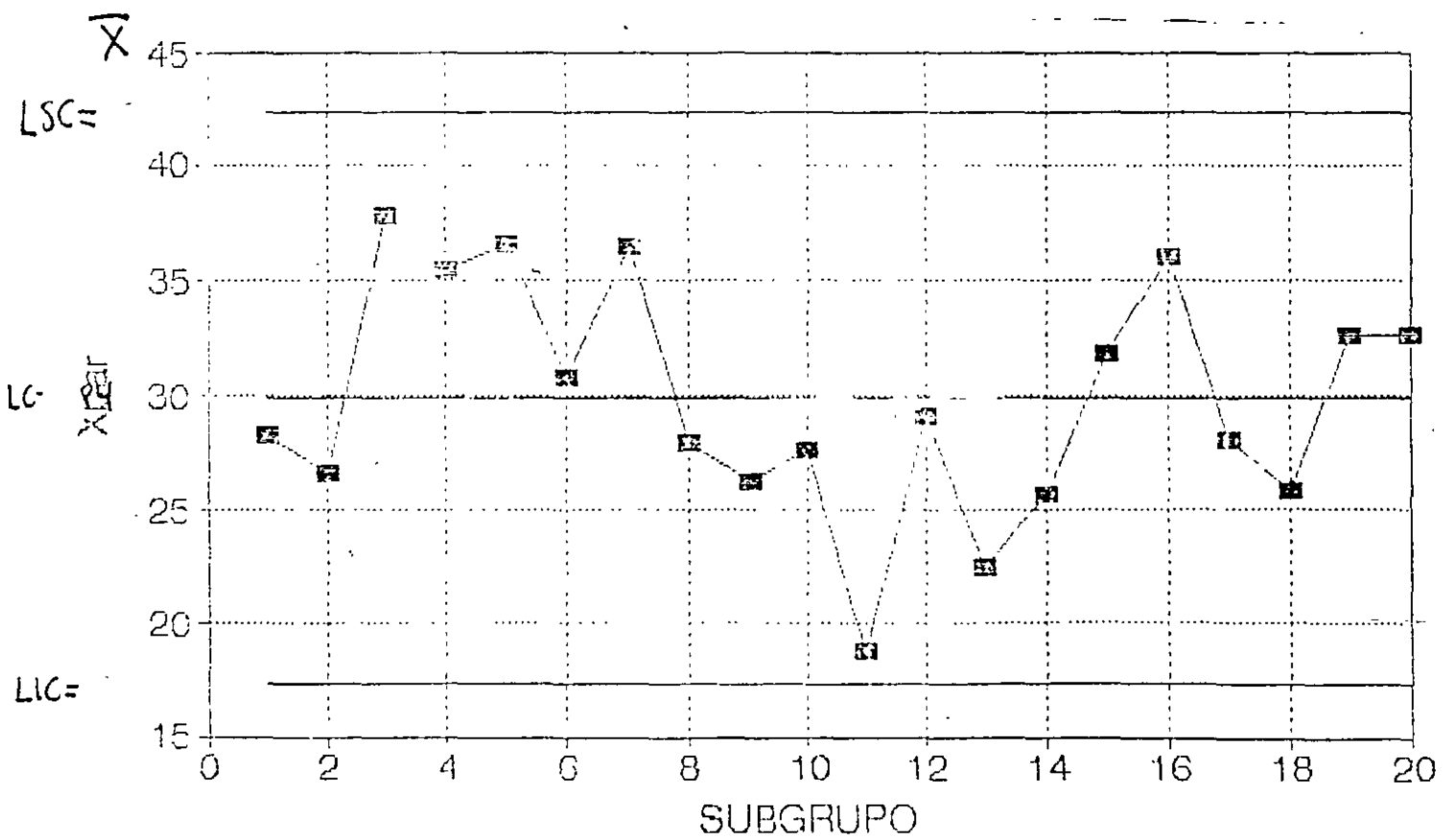


DIAGRAMA DE CONTROL \bar{X}

(A PARTIR DE s)

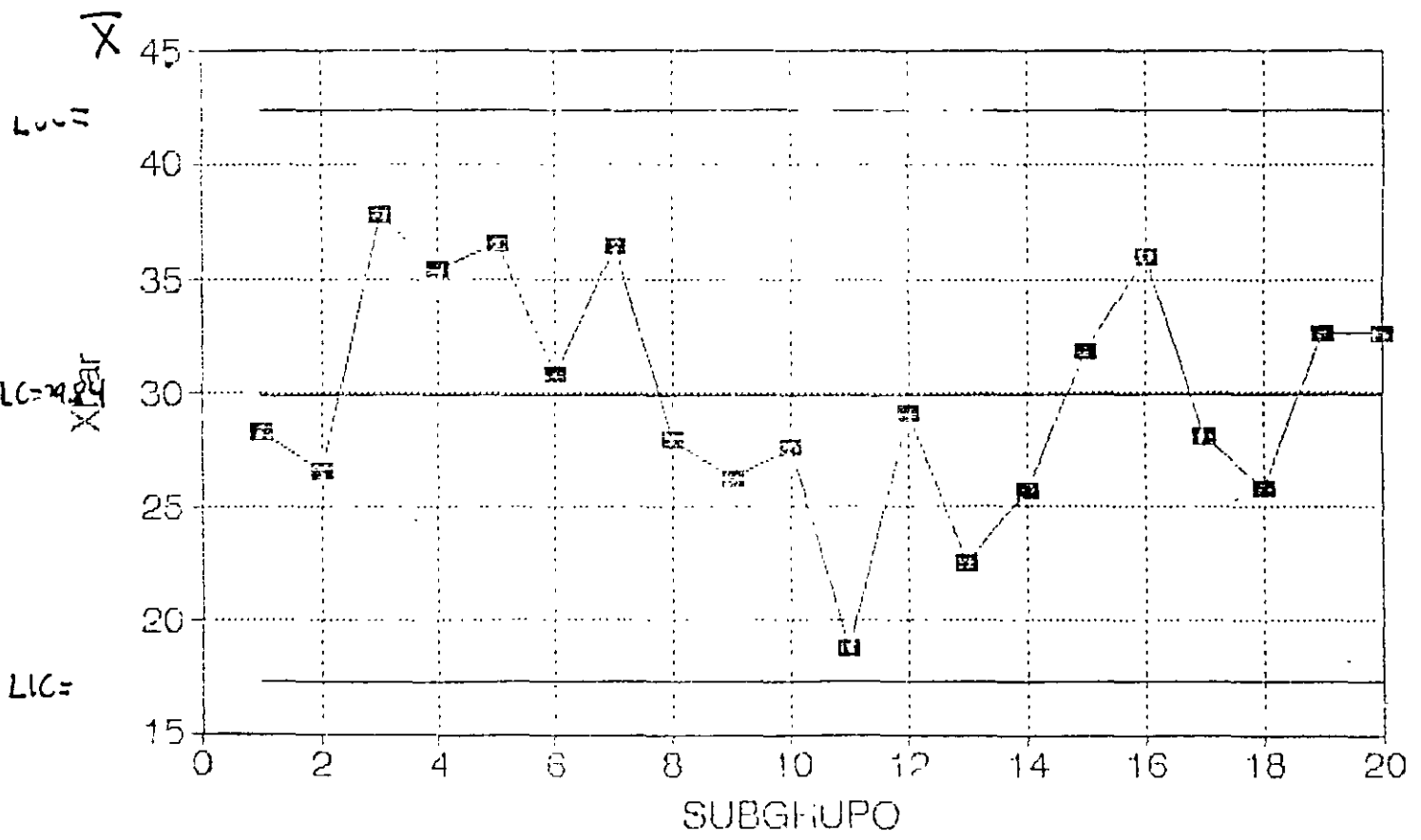


DIAGRAMA DE CONTROL PARA R
(σ CONOCIDO)

SI LA VARIABLE ORIGINAL SIGUE UNA DISTRIBUCION NORMAL,
ENTONCES:

$$LC = d_2\sigma$$

$$LSC = D_2\sigma$$

$$LIC = D_1\sigma$$

EL PARAMETRO d_2 SE ENCUENTRA EN LA TABLA C, APENDICE 3.
LOS PARAMETROS D_1 Y D_2 SE ENCUENTRAN EN LA TABLA F,
APENDICE 3

LOS LIMITES DE CONTROL NO SON SIMETRICOS RESPECTO A LC

EJEMPLO

CONSIDERE LOS PRIMEROS 20 SUBGRUPOS DEL EXPERIMENTO DEL
TAZON DE SHEWHART (VARIABLE ORIGINAL NORMAL, $\sigma = 10$).
DETERMINE LOS PARAMETROS DEL DIAGRAMA R

DIAGRAMA DE CONTROL PARA R
(σ CONOCIDO, $\sigma = 10$)

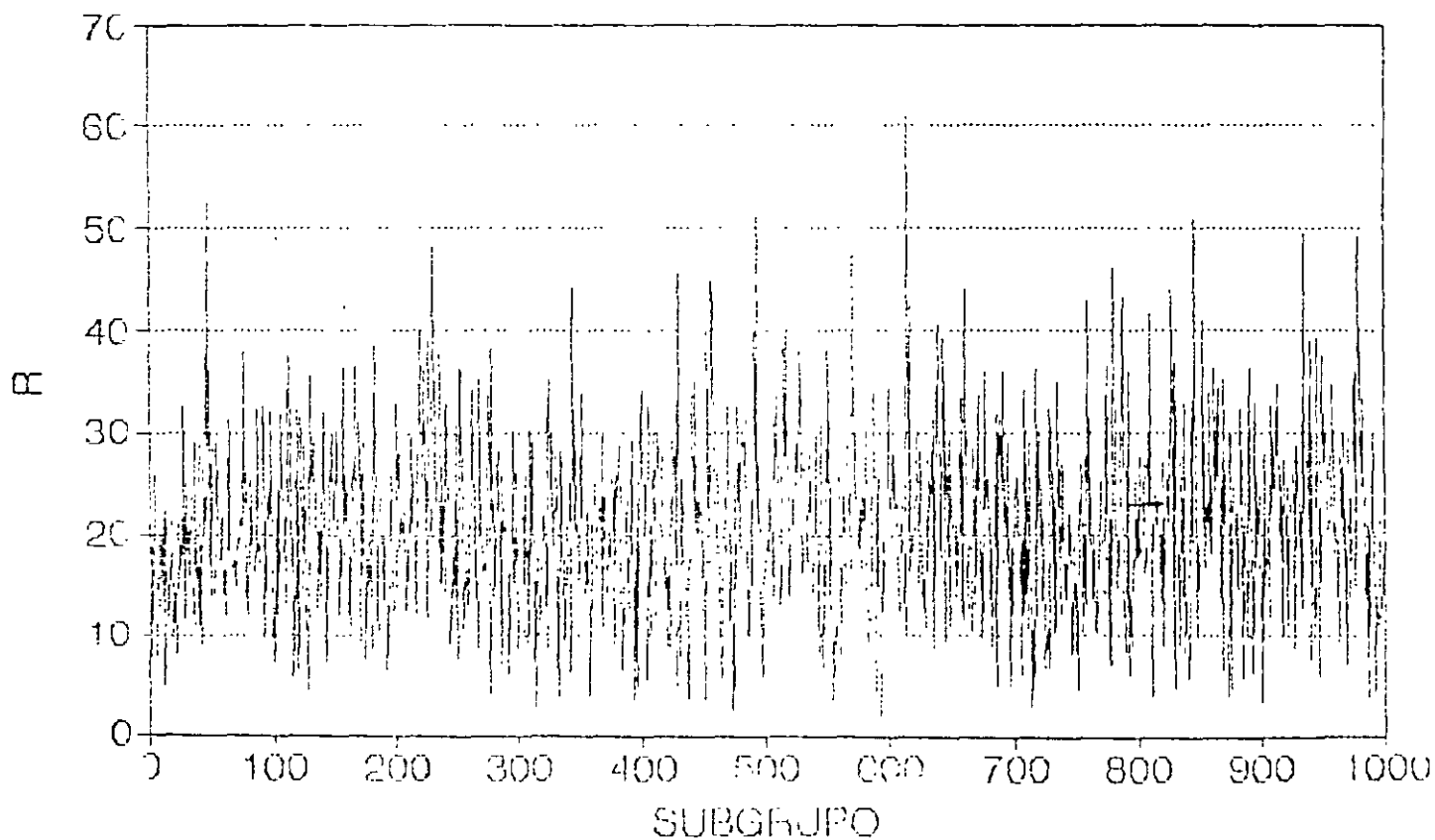


DIAGRAMA DE CONTROL PARA R (σ DESCONOCIDO)

SI LA VARIABLE ORIGINAL SIGUE UNA DISTRIBUCION NORMAL,
ENTONCES:

$$LC = \hat{\mu}_{\bar{R}} = \bar{\bar{R}}$$

$$LSC = D_4 \bar{\bar{R}}$$

$$LIC = D_3 \bar{\bar{R}}$$

LOS PARAMETROS D_3 Y D_4 SE ENCUENTRAN EN LA TABLA F,
APENDICE 3

LOS LIMITES DE CONTROL NO SON SIMETRICOS RESPECTO A LC

EJEMPLO

CONSIDERE LOS PRIMEROS 20 SUBGRUPOS DEL EXPERIMENTO DEL
TAZON DE SHEWHART (VARIABLE ORIGINAL NORMAL, $\sigma = 10$).
DETERMINE LOS PARAMETROS DEL DIAGRAMA R

$$\sum_{j=1}^{20} R = 344.57$$

DIAGRAMA DE CONTROL PARA R (σ DESCONOCIDO)

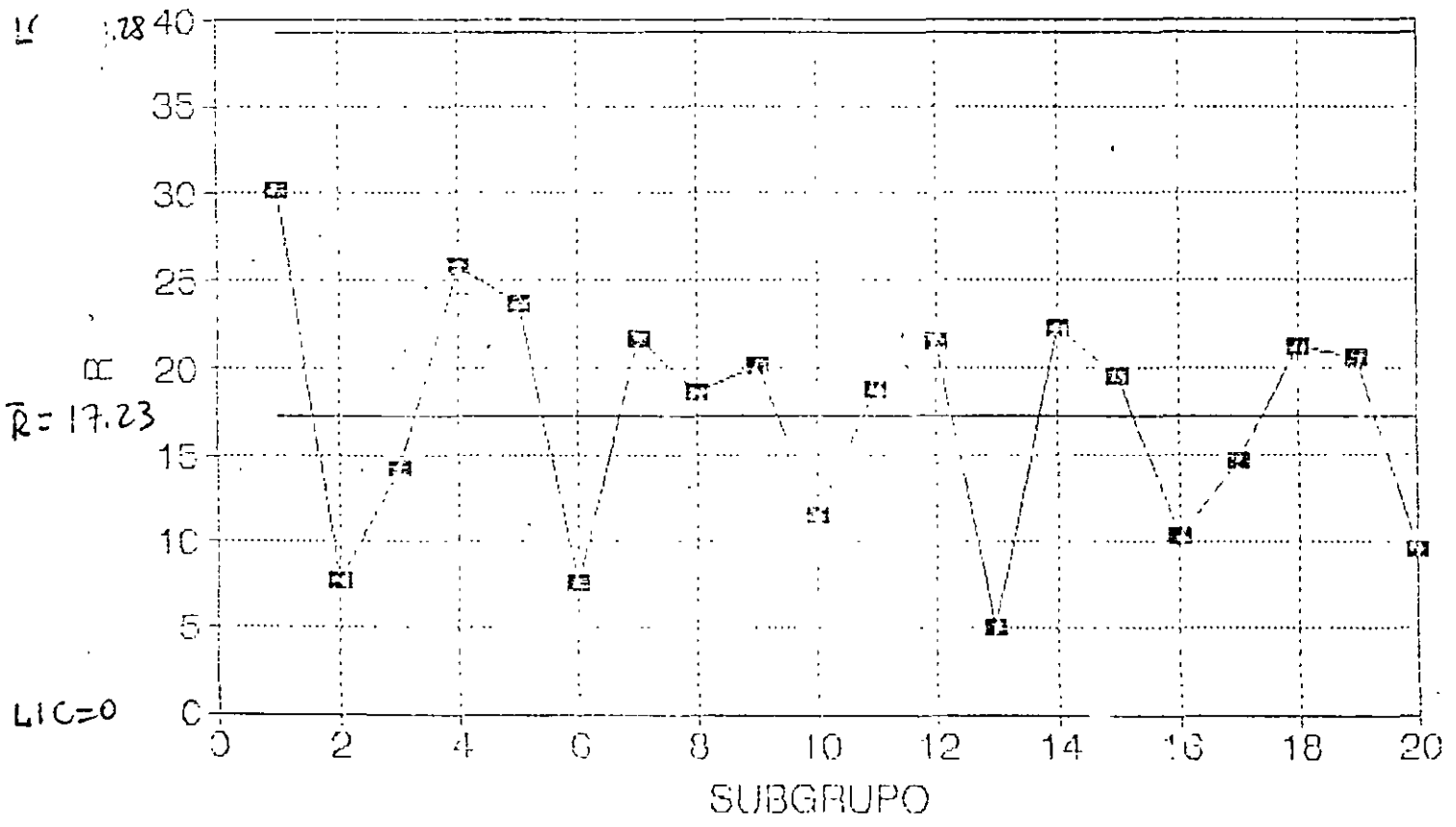


DIAGRAMA DE CONTROL PARA \bar{s} (σ CONOCIDO)

SI LA VARIABLE ORIGINAL SIGUE UNA DISTRIBUCION NORMAL,
ENTONCES:

$$LC = c_4\sigma$$

$$LSC = B_6\sigma$$

$$LIC = P_5\sigma$$

EL PARAMETRO c_4 SE ENCUENTRA EN LA TABLA C, APENDICE 3.
LOS PARAMETROS B_5 Y B_6 SE ENCUENTRAN EN LA TABLA F,
APENDICE 3

LOS LIMITES DE CONTROL NO SON SIMETRICOS RESPECTO A LC

EJEMPLO

CONSIDERE LOS PRIMEROS 20 SUBGRUPOS DEL EXPERIMENTO DEL
TAZON DE SHEWHART (VARIABLE ORIGINAL NORMAL, $\sigma = 10$).
DETERMINE LOS PARAMETROS DEL DIAGRAMA \bar{s}

DIAGRAMA DE CONTROL PARA s
(σ CONOCIDO, $\sigma = 10$)

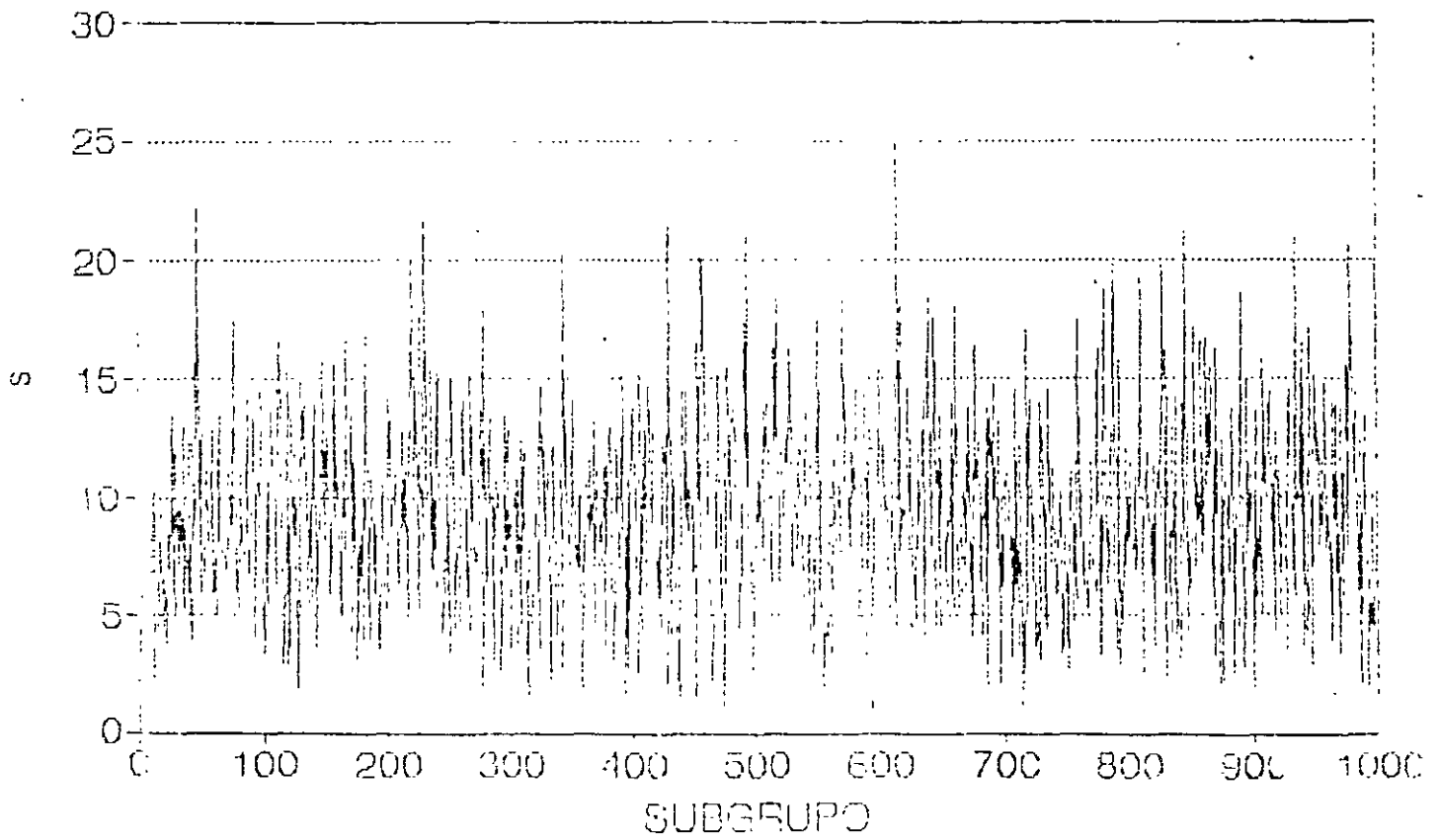


DIAGRAMA DE CONTROL PARA s
(σ DESCONOCIDO)

SI LA VARIABLE ORIGINAL SIGUE UNA DISTRIBUCION NORMAL,
ENTONCES:

$$LC = \bar{s}$$

$$LSC = B_4 \bar{s}$$

$$LIC = B_3 \bar{s}$$

LOS PARAMETROS B_3 Y B_4 SE ENCUENTRAN EN LA TABLA F,
APENDICE 3

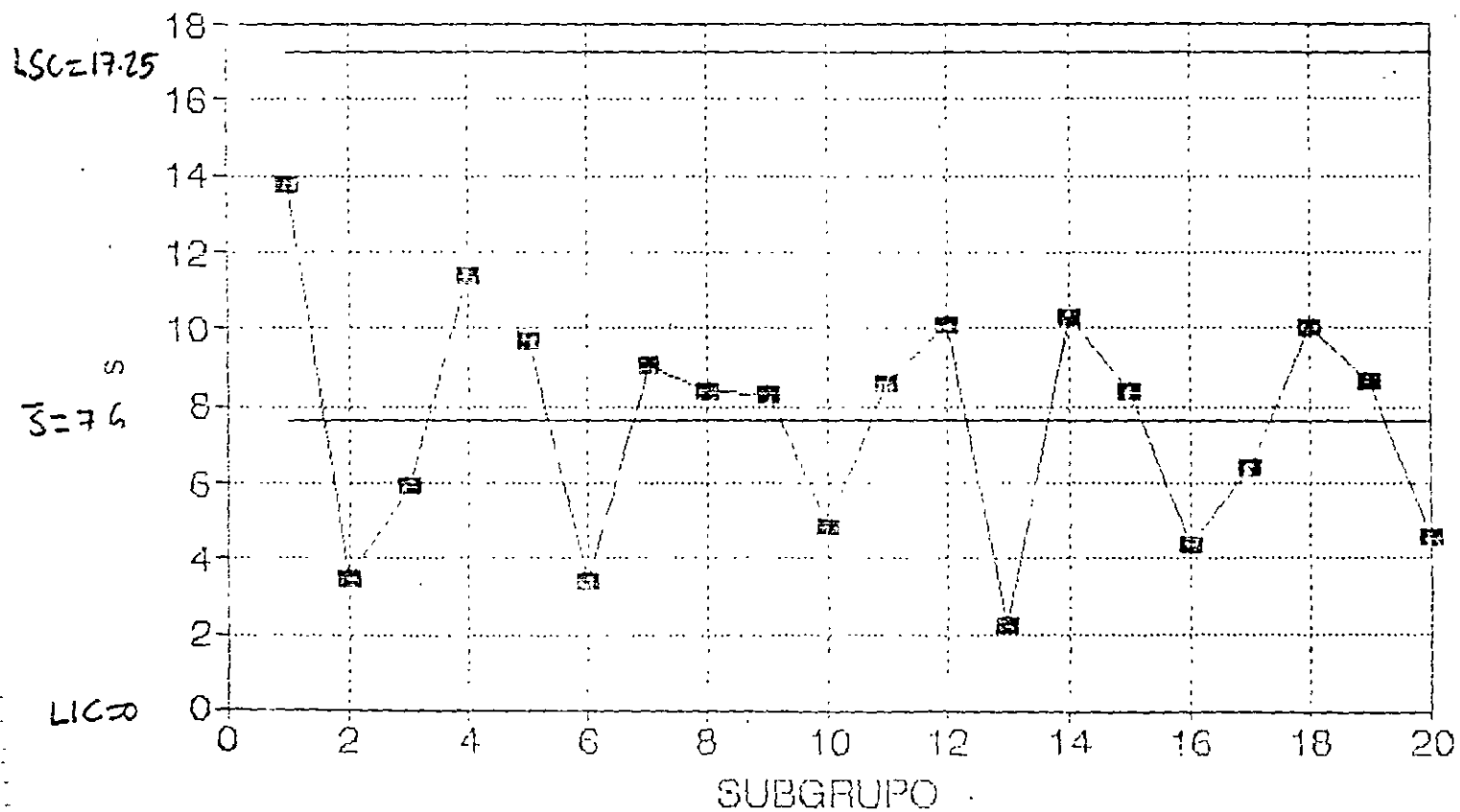
LOS LIMITES DE CONTROL NO SON SIMETRICOS RESPECTO A LC

EJEMPLO

CON BASE EN LOS PRIMEROS 20 SUBGRUPOS DEL EXPERIMENTO
DEL TAZON DE SHEWHART, DETERMINE LOS PARAMETROS DEL
DIAGRAMA s

$$\sum_{i=1}^{20} s = 151.9911$$

DIAGRAMA DE CONTROL PARA \bar{x} (σ DESCONOCIDO)



ANALISIS DE UN PROCESO

PARA DETERMINAR LA ESTABILIDAD DE UN PROCESO, ES NECESARIO CONSIDERAR CONJUNTAMENTE DIAGRAMAS DE CONTROL PARA LA LOCALIZACION Y PARA LA DISPERSION

EJEMPLO

CON BASE EN LOS PRIMEROS 20 SUBGRUPOS DEL EXPERIMENTO DE SHEWHART, ¿CONSIDERA USTED QUE ES ESTABLE EL PROCESO?

ANÁLISIS DE ERRORES

ERROR TIPO I

ERROR QUE SE COMETE CUANDO OCURRE UNA "FALSA ALARMA": EL DIAGRAMA DE CONTROL INDICA QUE HUBO UN CAMBIO EN EL PROCESO CUANDO EN REALIDAD NO LO HUBO: EL DATO ASOCIADO A UN CIERTO SUBGRUPO (SU MEDIA, SU RANGO O SU DESVIACION ESTANDAR) CAE FUERA DE LOS LIMITES DE CONTROL, AUN CUANDO EL PARAMETRO QUE SE ESTA MONITOREANDO NO HA CAMBIADO.

EJEMPLO

CONSIDERE EL EXPERIMENTO DEL TAZON DE SHEWHART (VARIABLE ORIGINAL NORMAL, CON $\mu = 30$ Y $\sigma = 10$). PARA CONTROLAR EL PROCESO, SE OBSERVAN SUBGRUPOS DE TAMAÑO 4. SI SE ESTA MONITOREANDO \bar{X} USANDO LIMITES 3-SIGMA, ¿CUAL ES LA PROBABILIDAD α DE COMETER UN ERROR TIPO I?

EJEMPLO

CONSIDERE EL EXPERIMENTO DEL TAZON DE SHEWHART (VARIABLE ORIGINAL NORMAL, CON $\mu = 30$ Y $\sigma = 10$). PARA CONTROLAR EL PROCESO, SE OBSERVAN SUBGRUPOS DE TAMAÑO 9. SI SE ESTA MONITOREANDO \bar{X} USANDO LIMITES 3-SIGMA, ¿CUAL ES LA PROBABILIDAD α DE COMETER UN ERROR TIPO I?

EJEMPLO

CONSIDERE EL EXPERIMENTO DEL TAZON DE SHEWHART (VARIABLE ORIGINAL NORMAL, CON $\mu = 30$ Y $\sigma = 10$). PARA CONTROLAR EL PROCESO, SE OBSERVAN SUBGRUPOS DE TAMAÑO 4. SI SE ESTA MONITOREANDO \bar{X} USANDO LIMITES 2-SIGMA, ¿CUAL ES LA PROBABILIDAD α DE COMETER UN ERROR TIPO I?

CALCULO DEL ERROR TIPO I PARA DIAGRAMA \bar{X}

SI SE ESTA MONITOREANDO \bar{X} USANDO LIMITES L-SIGMA Y LA MEDIA DEL PROCESO (QUE NO HA CAMBIADO) ES μ , EL RIESGO α , O PROBABILIDAD DE COMETER UN ERROR TIPO I ES:

$$\alpha = P[(\bar{X} > LSC)(\bar{X} < LIC) | \mu]$$

LA PROBABILIDAD α NO DEPENDE DEL TAMAÑO DE LOS SUBGRUPOS, SINO DE LA DISTANCIA DE LOS LIMITES DE CONTROL RESPECTO A LA LINEA CENTRAL

ERROR TIPO II

ERROR QUE SE COMETE CUANDO SE FALLA EN LA DETECCION DE UN CAMBIO EN EL PROCESO: EL DIAGRAMA DE CONTROL INDICA QUE NO HUBO UN CAMBIO EN EL PROCESO CUANDO EN REALIDAD SI LO HUBO: EL DATO ASOCIADO A UN CIERTO SUBGRUPO (SU MEDIA, SU RANGO O SU DESVIACION ESTANDAR) CAE DENTRO DE LOS LIMITES DE CONTROL, AUN CUANDO EL PARAMETRO QUE SE ESTA MONITOREANDO CAMBIO.

EJEMPLO

CONSIDERE EL EXPERIMENTO DEL TAZON DE SHEWHART (VARIABLE ORIGINAL NORMAL, CON $\mu = 30$ Y $\sigma = 10$). PARA CONTROLAR EL PROCESO, SE OBSERVAN SUBGRUPOS DE TAMAÑO 4. SI SE ESTA MONITOREANDO \bar{X} USANDO LIMITES 3-SIGMA Y LA MEDIA DEL PROCESO CAMBIA A $\mu_1 = 40$

- a. ¿CUAL ES LA PROBABILIDAD β DE COMETER UN ERROR TIPO II?
- b. ¿CUAL ES LA PROBABILIDAD DE DETECTAR EL CAMBIO DOS SUBGRUPOS DESPUES DE QUE ESTE OCURRIO?
- c. ¿CUAL ES EL NUMERO DE SUBGRUPOS QUE SE ESPERA TRANSCURRAN ANTES DE DETECTAR EL CAMBIO?

EJEMPLO

CONSIDERE EL EXPERIMENTO DEL TAZON DE SHEWHART (VARIABLE ORIGINAL NORMAL, CON $\mu = 30$ Y $\sigma = 10$). PARA CONTROLAR EL PROCESO, SE OBSERVAN SUBGRUPOS DE TAMAÑO 4. SI SE ESTA MONITOREANDO \bar{X} USANDO LIMITES 3-SIGMA Y LA MEDIA DEL PROCESO CAMBIA A $\mu_1 = 50$

- a. ¿CUAL ES LA PROBABILIDAD β DE COMETER UN ERROR TIPO II?
- b. ¿CUAL ES LA PROBABILIDAD DE DETECTAR EL CAMBIO DOS SUBGRUPOS DESPUES DE QUE ESTE OCURRIO?
- c. ¿CUAL ES EL NUMERO DE SUBGRUPOS QUE SE ESPERA TRANSCURRAN ANTES DE DETECTAR EL CAMBIO?

EJEMPLO

CONSIDERE EL EXPERIMENTO DEL TAZON DE SHEWHART (VARIABLE ORIGINAL NORMAL, CON $\mu = 30$ Y $\sigma = 10$). PARA CONTROLAR EL PROCESO, SE OBSERVAN SUBGRUPOS DE TAMAÑO 9. SI SE ESTA MONITOREANDO \bar{X} USANDO LÍMITES 3-SIGMA Y LA MEDIA DEL PROCESO CAMBIA A $\mu_1 = 40$

- a. ¿CUAL ES LA PROBABILIDAD β DE COMETER UN ERROR TIPO II?
- b. ¿CUAL ES LA PROBABILIDAD DE DETECTAR EL CAMBIO DOS SUBGRUPOS DESPUES DE QUE ESTE OCURRIO?
- c. ¿CUAL ES EL NUMERO DE SUBGRUPOS QUE SE ESPERA TRANSCURRAN ANTES DE DETECTAR EL CAMBIO?

CALCULO DEL ERROR TIPO II PARA DIAGRAMA \bar{X}

SI SE ESTA MONITOREANDO \bar{X} USANDO LIMITES 3-SIGMA Y LA MEDIA DEL PROCESO CAMBIA DE μ A $\mu_1 = \mu + k\sigma$, EL RIESGO β , O PROBABILIDAD DE COMETER UN ERROR TIPO II ES:

$$\begin{aligned}\beta &= P\{LIC \leq \bar{X} \leq LSC | \mu_1\} \\ &= \Phi(3 - k\sqrt{n}) - \Phi(-3 - k\sqrt{n})\end{aligned}$$

LA PROBABILIDAD DE QUE EL CAMBIO SE DETECTE (POR PRIMERA VEZ) EN EL SUBGRUPO m ES:

$$\beta^{m-1}(1 - \beta)$$

EL NUMERO ESPERADO DE SUBGRUPOS QUE SE ESPERA TRANSCURRAN ANTES DE DETECTAR EL CAMBIO (*AVERAGE RUN LENGTH*) ES:

$$\sum_{m=1}^{\infty} m\beta^{m-1}(1 - \beta) = \frac{1}{1 - \beta}$$

CURVA CARACTERISTICA DE OPERACION
(OPERATING CHARACTERISTIC CURVE)

GRAFICA QUE PRESENTA LA CAPACIDAD DE UN DIAGRAMA DE CONTROL DE DETECTAR CAMBIOS EN LA CALIDAD DE UN PROCESO. EN UNA CCO SE PRESENTAN:

- EN EL EJE DE LAS Xs: EL "TAMAÑO DEL CAMBIO" QUE TUVO EL PROCESO.
- EN EL EJE DE LAS Ys: EL RIESGO TIPO β (PROBABILIDAD DE NO DETECTAR UN CAMBIO CUANDO EN REALIDAD EL PROCESO CAMBIO).

CURVA CO PARA EL DIAGRAMA \bar{X}

SI SE ESTA MONITOREANDO \bar{X} USANDO LIMITES 3-SIGMA Y LA MEDIA DEL PROCESO CAMBIA DE μ A $\mu_1 = \mu + k\sigma$, LA SIGUIENTE CCO MUESTRA EL RIESGO β , O PROBABILIDAD DE COMETER UN ERROR TIPO II:

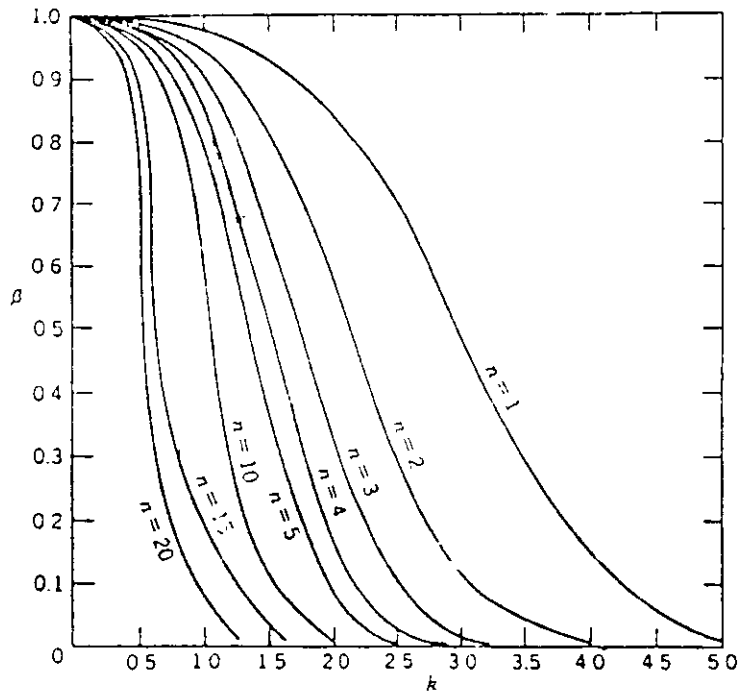


Figura 6-13. Curvas características de operación para el diagrama de \bar{x} con límites de tres sigmas. Se tiene que $\beta = P$ (no detectar un cambio de $k\sigma$ en la media en la primera muestra después del cambio).

CURVA CO PARA EL DIAGRAMA R

SI SE ESTA MONITOREANDO R USANDO LIMITES 3-SIGMA Y LA DESVIACION ESTANDAR σ_0 CAMBIA A UN VALOR σ_1 , TAL QUE $\lambda = \sigma_1/\sigma_0$, LA SIGUIENTE CCO MUESTRA EL RIESGO β , O PROBABILIDAD DE COMETER UN ERROR TIPO II:

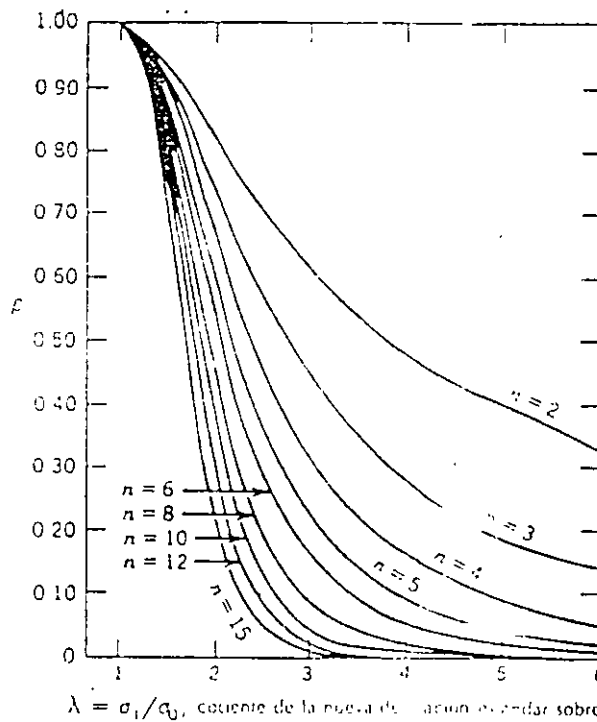


Figura 6-14. Curvas características de operación para el diagrama de R con límites de tres sigmas (Adaptado de A. J. Duncan, "Operating Characteristics of R Charts" *Industrial Quality Control*, vol. 7, no. 5, p. 40-41, 1951, con permiso de American Society for Quality Control, ASQC).

INESTABILIDAD DE UN PROCESO

INESTABILIDAD DE UN PROCESO

SE MANIFIESTA COMO UN CAMBIO EN:

1. SOLO LOCALIZACION
2. SOLO DISPERSION
3. TANTO EN LOCALIZACION COMO EN DISPERSION

UN CAMBIO OBSERVADO PUEDE SER:

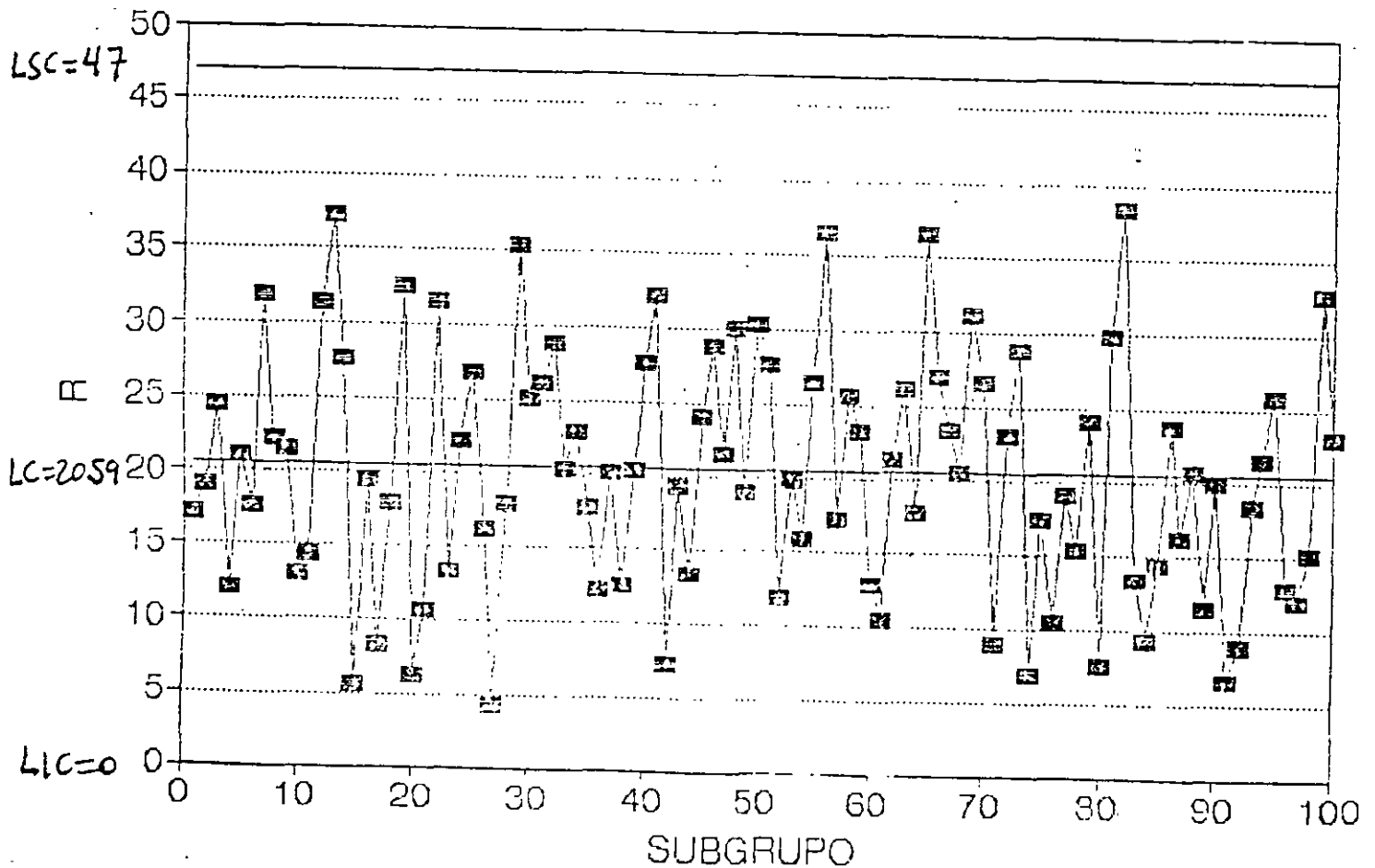
1. SOSTENIDO
2. FRECUENTE E IRREGULAR
3. GRADUAL O SISTEMATICO

CAMBIO SOSTENIDO

CAMBIO SUBITO (EN LOCALIZACION Y/O DISPERSION) QUE SE MANTIENE DURANTE UN CIERTO PERIODO DE TIEMPO

EJEMPLO

LA SIGUIENTES GRAFICAS MUESTRAN LOS DIAGRAMAS DE CONTROL PARA R Y PARA \bar{X} PARA LOS PRIMEROS 100 SUBGRUPOS DEL EXPERIMENTO DE SHEWHART ($\mu = 30, \sigma = 10, N = 4$). OBSERVE QUE EL PROCESO ES ESTABLE



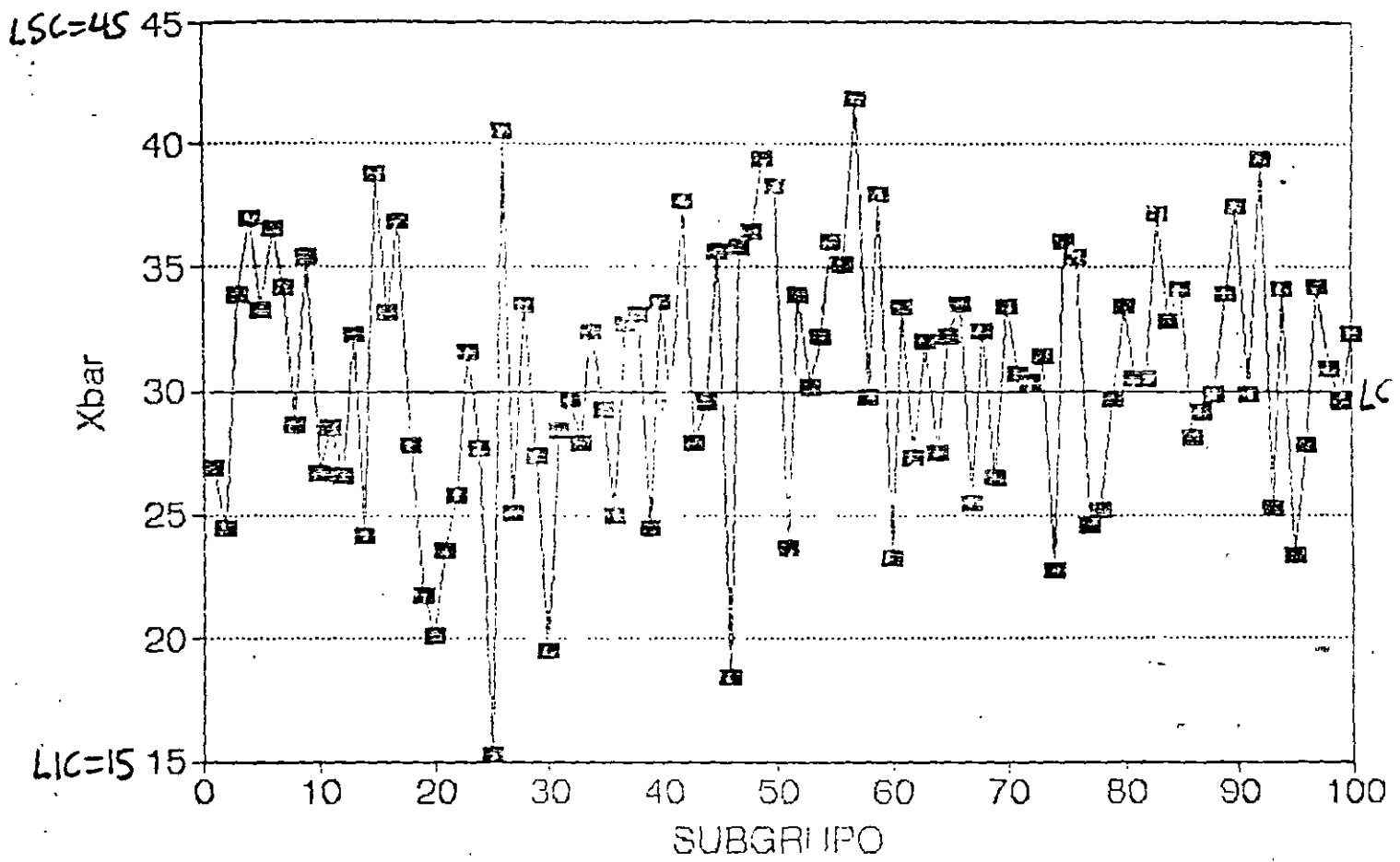
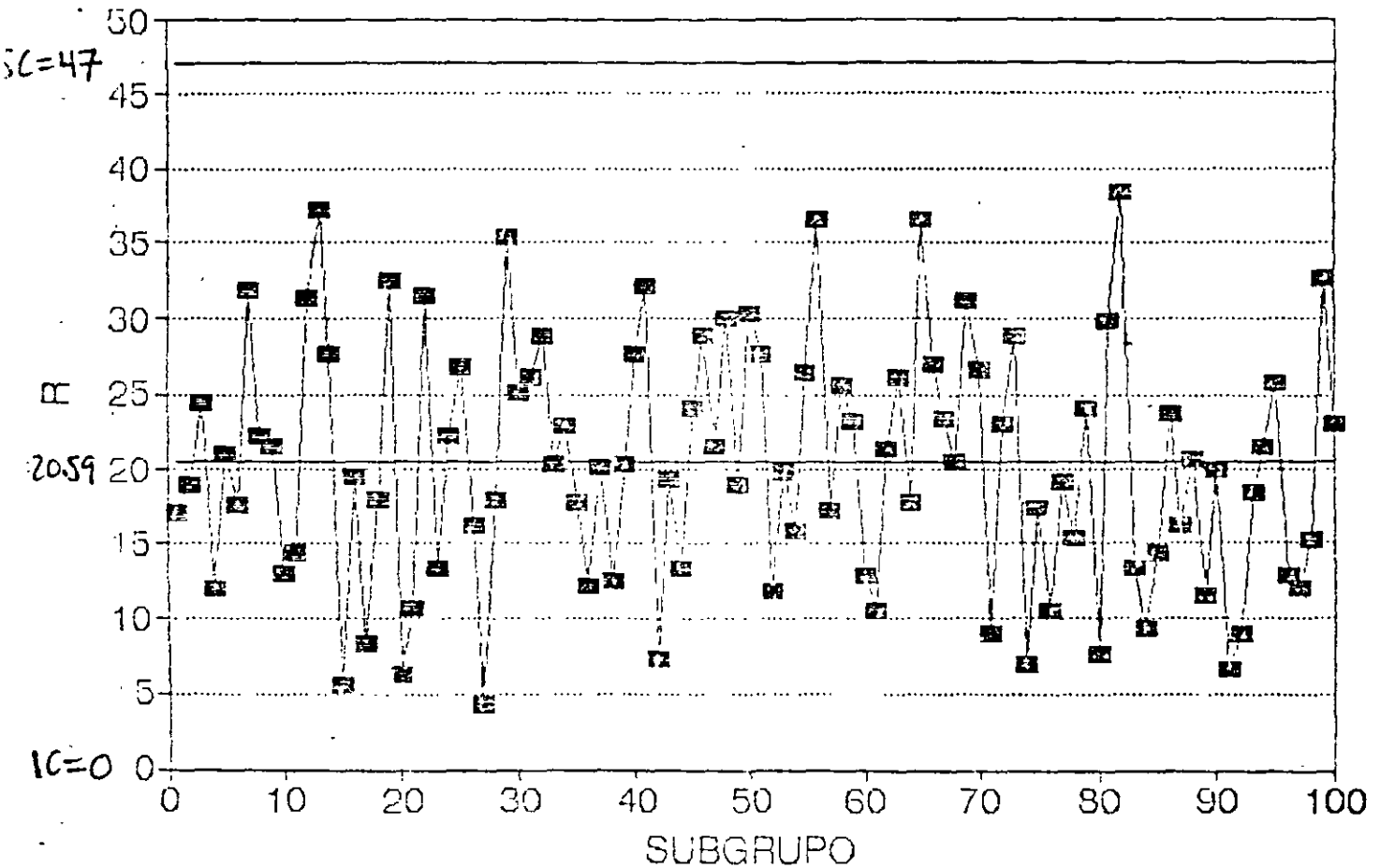


DIAGRAMA DE CONTROL PARA \bar{X}
(DATOS ORIGINALES)

CAMBIO SOSTENIDO EN LOCALIZACION (SIN CAMBIO EN DISPERSION)

EJEMPLO

LAS SIGUIENTES GRAFICAS MUESTRAN, PARA EL EXPERIMENTO DE SHEWHART (USANDO LOS LIMITES DE CONTROL ORIGINALES), EL EFECTO SOBRE LOS DIAGRAMAS R Y \bar{X} SI SE SUMA 10 A CADA UNA DE LAS OBSERVACIONES DE LOS SUBGRUPOS 41-80



**DIAGRAMA DE CONTROL PARA R
(CAMBIO SOSTENIDO EN MEDIA)**

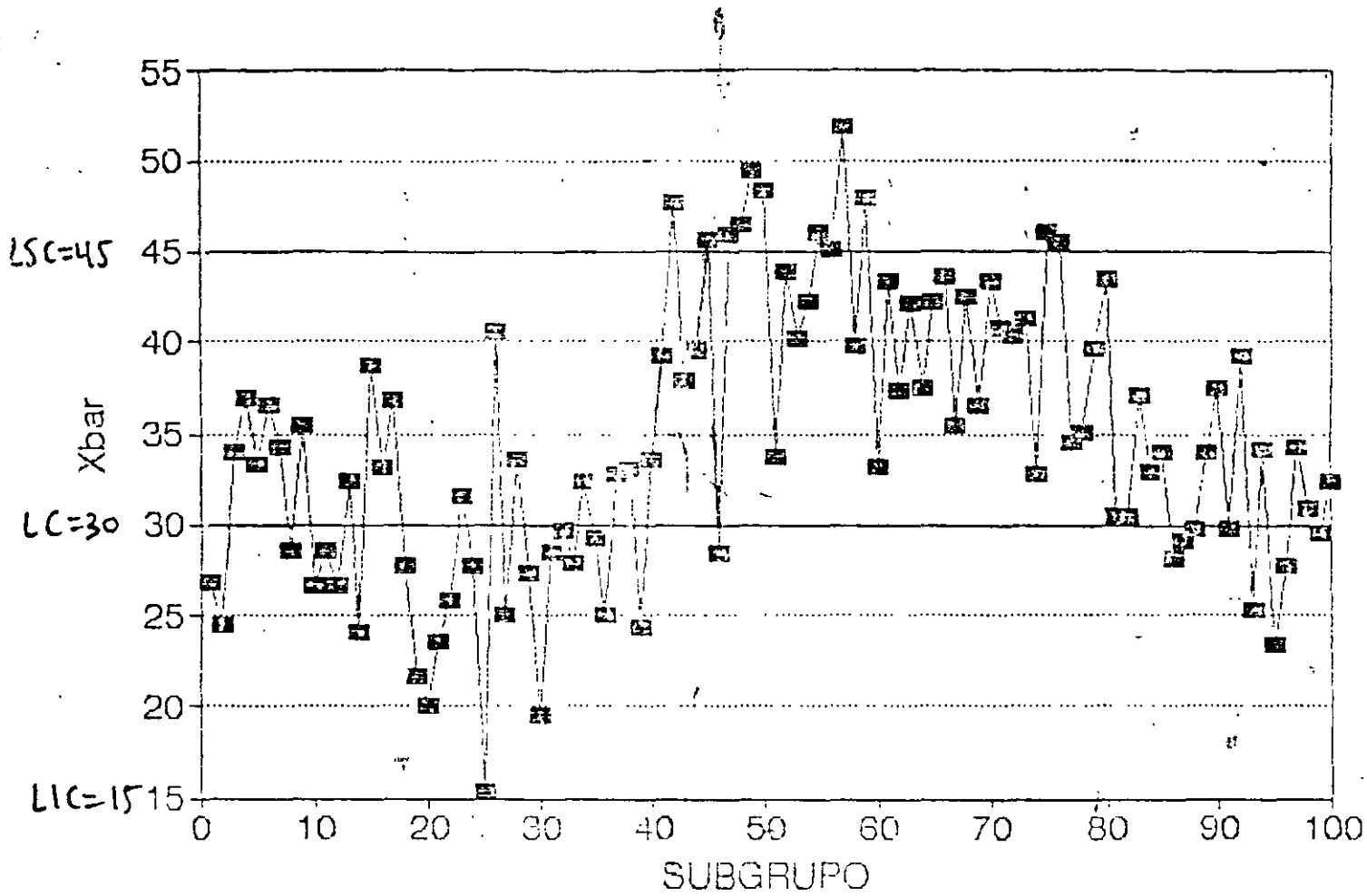


DIAGRAMA DE CONTROL PARA \bar{X}
(CAMBIO SOSTENIDO EN MEDIA)

ESTE TIPO DE CAMBIO SE MANIFIESTA SOLO EN DIAGRAMA \bar{X}

CAMBIOS FRECUENTES EN LOCALIZACION (SIN CAMBIO EN DISPERSION)

EJEMPLO

LAS SIGUIENTES GRAFICAS MUESTRAN, PARA EL EXPERIMENTO DE SHEWHART (USANDO LOS LIMITES DE CONTROL ORIGINALES), EL EFECTO SOBRE LOS DIAGRAMAS R Y \bar{X} SI (1) SE RESTA 10 A DATOS DE SUBGRUPOS 41-50, (2) SE RESTA 20 A DATOS DE SUBGRUPOS 51-60, (3) SE SUMA 20 A DATOS DE SUBGRUPOS 61-70 Y (4) SE SUMA 10 A CADA UNA DE LAS OBSERVACIONES DE LOS SUBGRUPOS 71-80

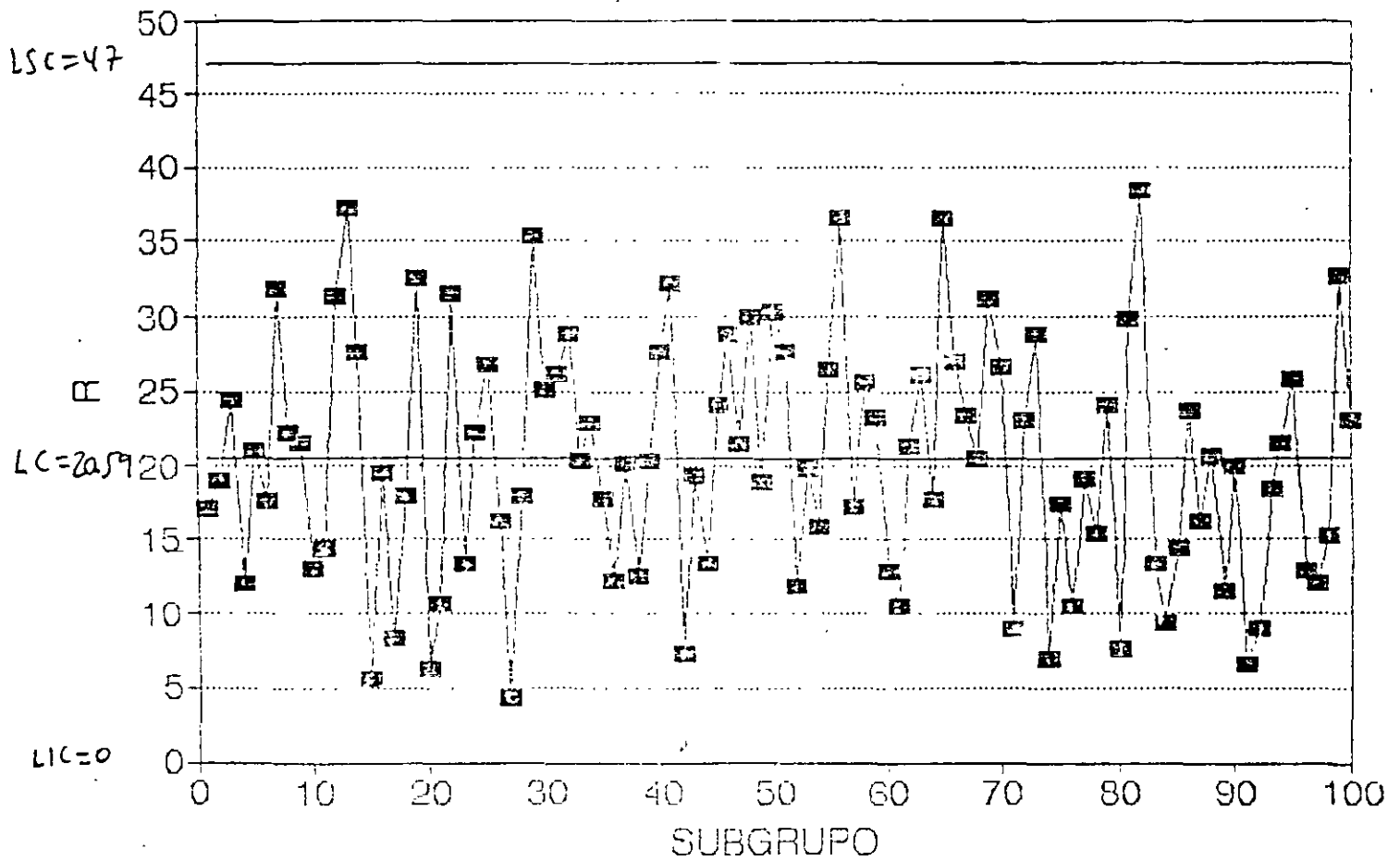


DIAGRAMA PARA R
(Cambios irregulares en localización,
sin cambio en dispersión)

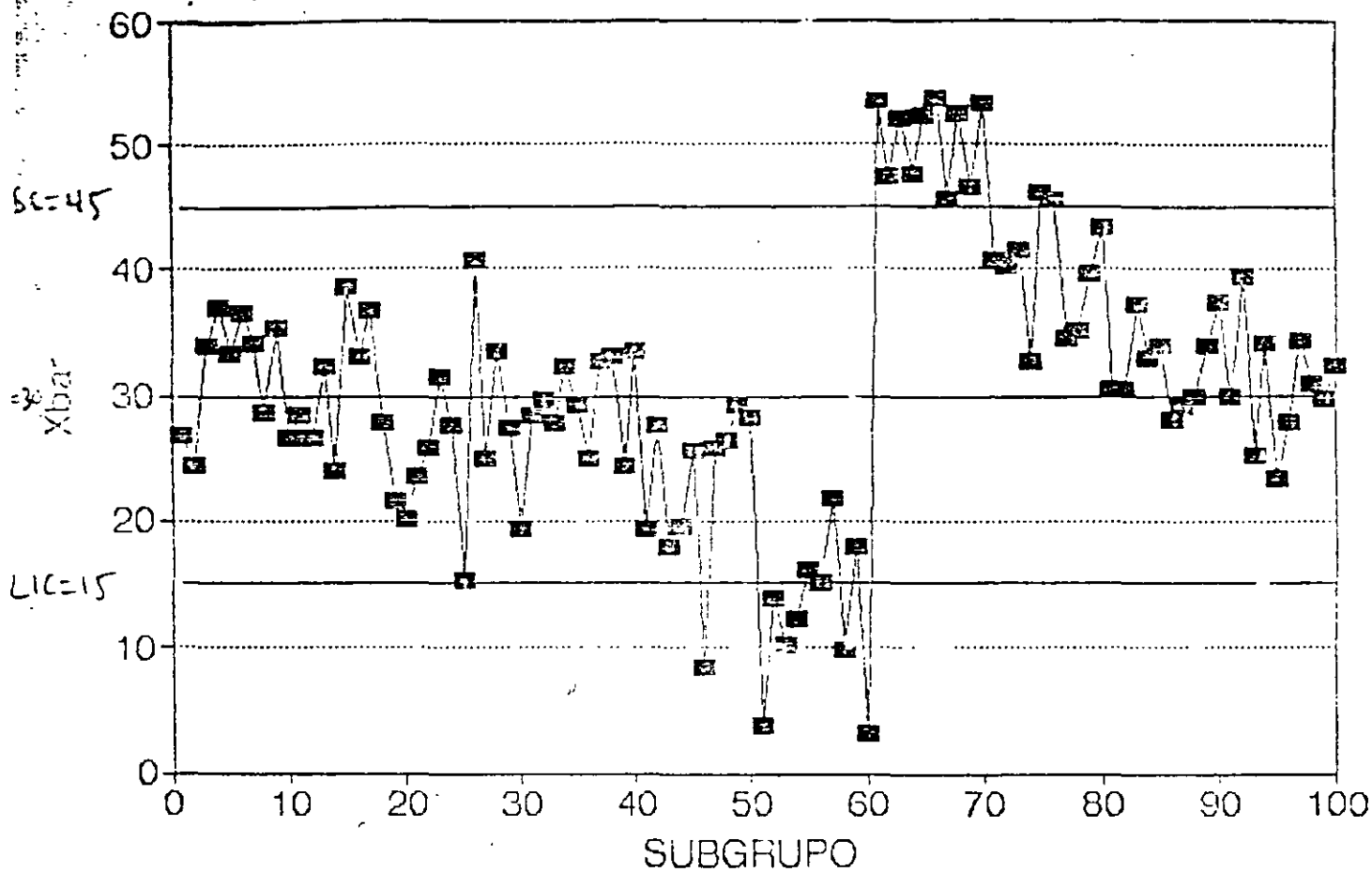


DIAGRAMA PARA \bar{X}
 (Cambios irregulares en localización,
 sin cambio en dispersión)

ESTE TIPO DE CAMBIO SE MANIFIESTA SOLO EN DIAGRAMA \bar{X}

CAMBIO SOSTENIDO EN DISPERSION (SIN CAMBIO EN LOCALIZACION)

EJEMPLO

LAS SIGUIENTES GRAFICAS MUESTRAN, PARA EL EXPERIMENTO DE SHEWHART (USANDO LOS LIMITES DE CONTROL ORIGINALES), EL EFECTO SOBRE LOS DIAGRAMAS R Y \bar{X} DE SIMULAR NUEVOS DATOS PARA LOS SUBGRUPOS 41-80 USANDO $\sigma = 20$

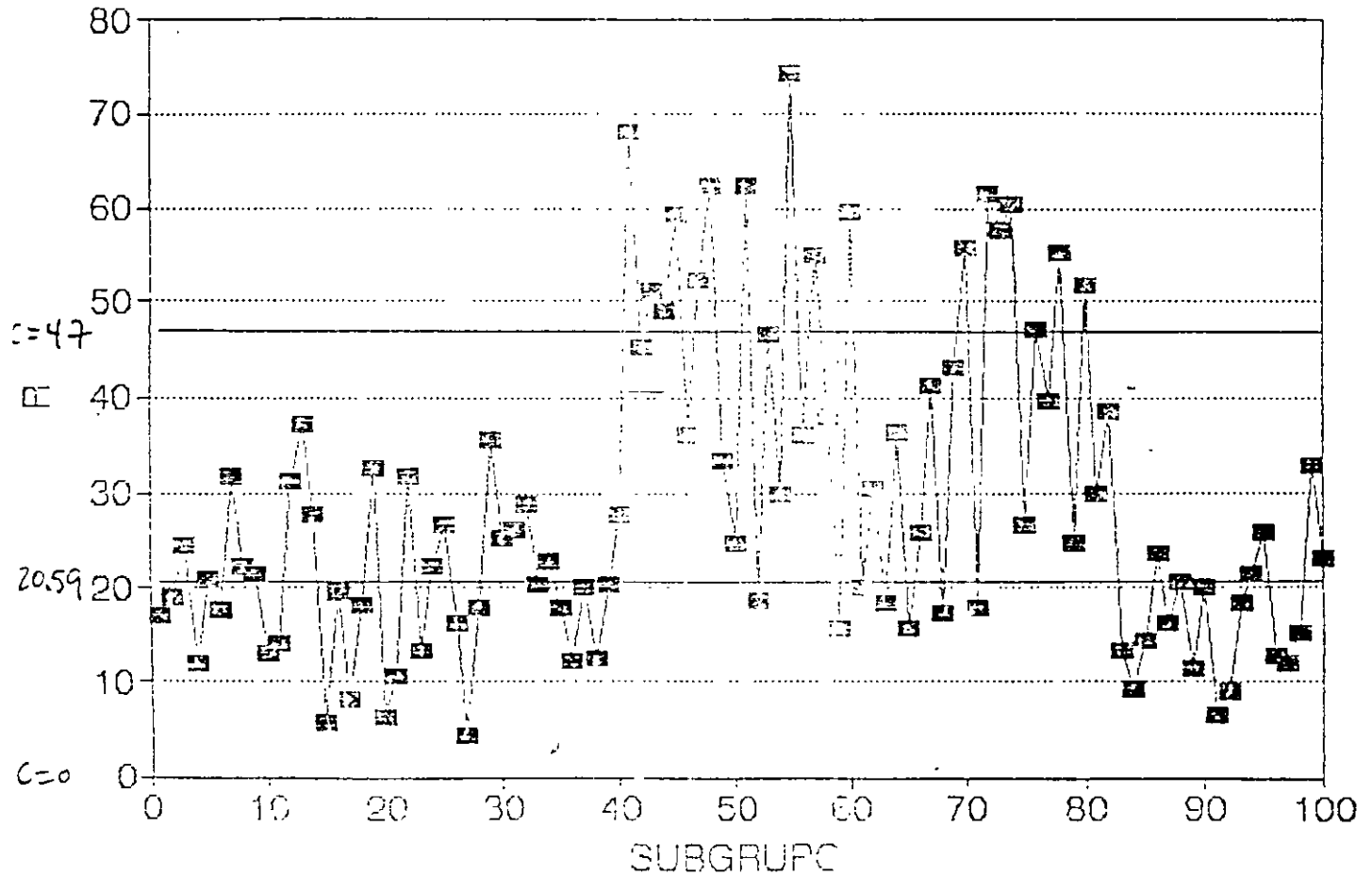


DIAGRAMA PARA R
(Cambio sostenido en dispersión,
sin cambios en localización)

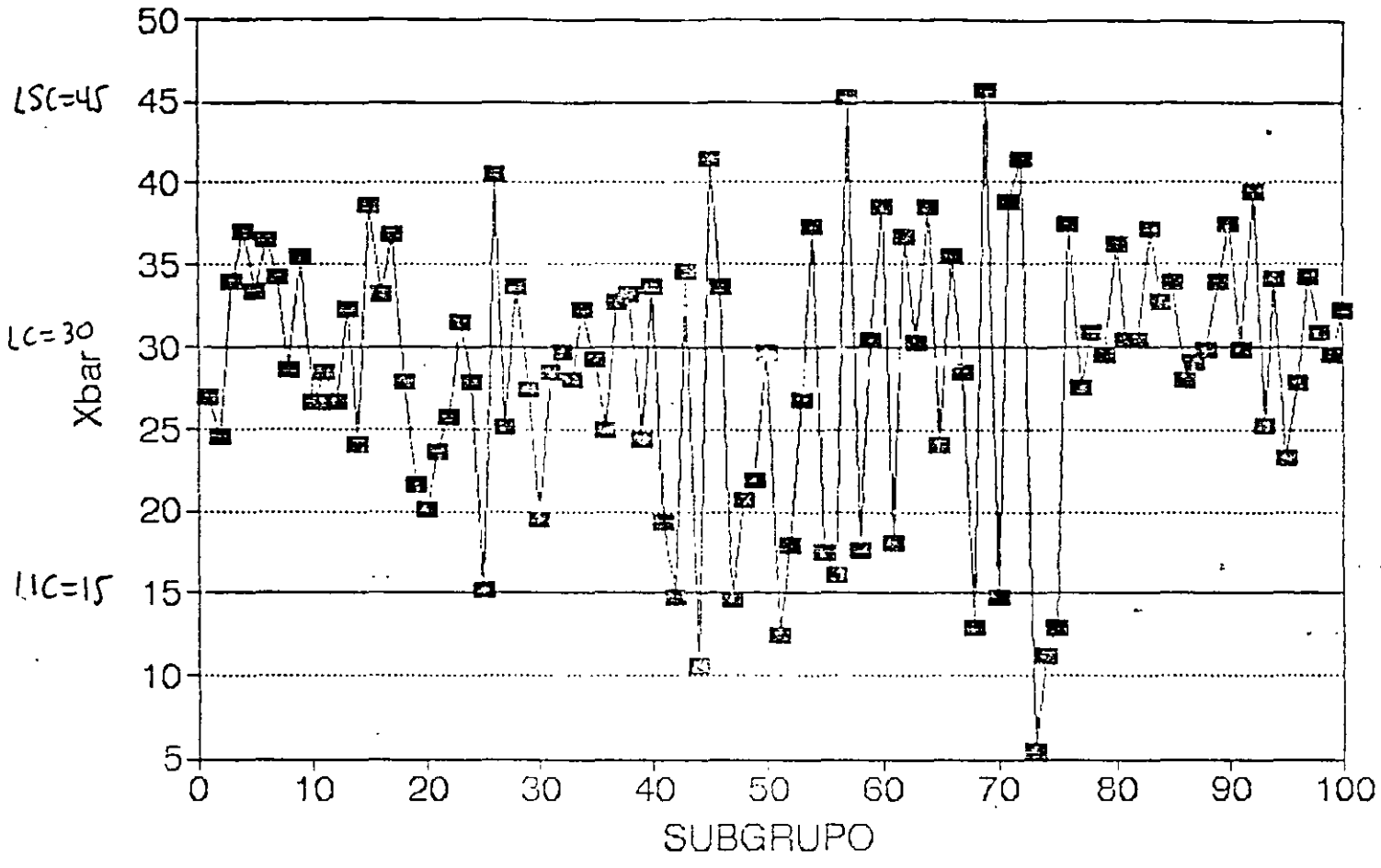


DIAGRAMA PARA \bar{X}
 (Cambio sostenido en dispersión,
 sin cambios en localización)

ESTE TIPO DE CAMBIO SE MANIFIESTA EN AMBOS DIAGRAMAS:
 MAS PUNTOS FUERA DE CONTROL EN DIAGRAMA R QUE EN
 DIAGRAMA \bar{X}

CAMBIO SISTEMATICO

CAMBIO QUE MUESTRA CIERTA REGULARIDAD. SE ASOCIA CON UNA "FALTA DE AJUSTE A UNA DISTRIBUCION NORMAL"

ALGUNOS TIPOS DE CAMBIO SISTEMATICO SE DETECTAN CUANDO LOS DIAGRAMAS DE CONTROL MUESTRAN PATRONES COMO:

1. TENDENCIA
2. CICLO
3. MUCHOS PUNTOS CERCA DE LINEA CENTRAL
4. MUCHOS PUNTOS CERCA DE LIMITES DE CONTROL

CORRIDA

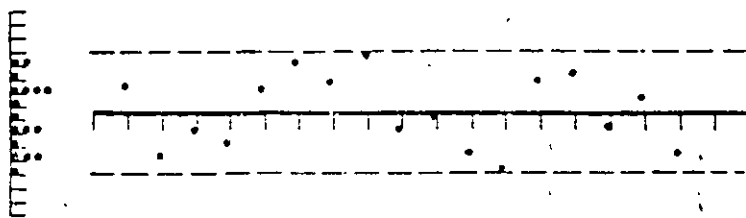
SERIE DE SUBGRUPOS SUCESIVOS QUE MUESTRAN ALGUN TIPO DE PATRON DE CAMBIO SISTEMATICO

EJEMPLO

LAS SIGUIENTES FIGURAS MUESTRAN PATRONES ASOCIADOS A CAMBIOS SISTEMATICOS CON SUS POSIBLES CAUSAS

Some changes affecting \bar{X} chart
(stable variability)

Some causes affecting R chart



(a) *Recurring cycles*

1. Temperature or other recurring changes in physical environment
2. Worker fatigue
3. Differences in measuring or testing devices which are used in order
4. Regular rotation of machines or operators
5. Merging of subassemblies or other processes

1. Scheduled preventive maintenance
2. Worker fatigue
3. Worn tools



(b) *Trends*

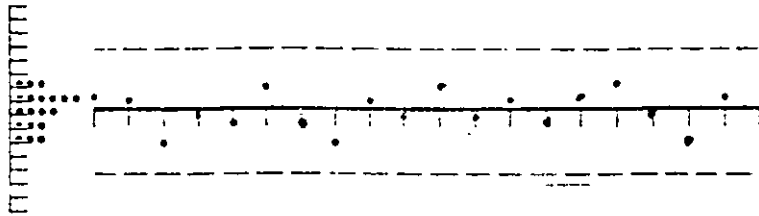
1. Gradual deterioration of equipment which can affect all items
2. Worker fatigue
3. Accumulation of waste products
4. Deterioration of environmental conditions

1. Improvement or deterioration of operator skill
2. Worker fatigue
3. Change in proportions of sub-processes feeding an assembly line
4. Gradual change in homogeneity of incoming material quality

FIG 7-9 CAMBIOS SISTEMATICOS EN PATRONES DE VARIACION Y POSIBLES CAUSAS

Some causes affecting \bar{X} chart
(stable variability)

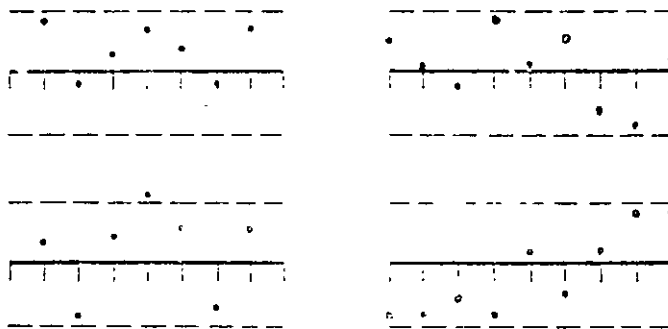
Some causes affecting R chart



(e) *Stratification or lack of variability*

- | | |
|---|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Incorrect calculation of control limits 2. Incorrect subgrouping:
R chart captures more variability than \bar{X} chart. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Collecting in each sample a number of measurements from widely differing universes |
|---|---|

Correlation between charts



Positive correlation

Negative correlation

(f) *Correlation between \bar{X} and R charts for same process*

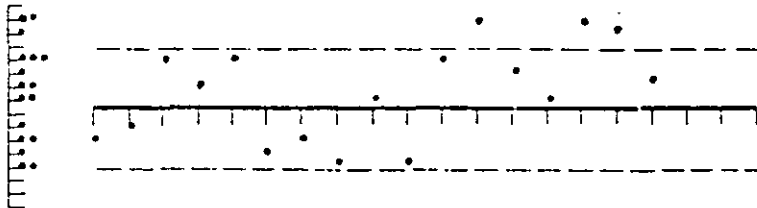
1. Skewness in underlying universe
2. Points generated from the same sample

(g) *Correlation between different \bar{X} or R charts*

1. Points generated from the same sample
2. Unknown cause-and-effect relationships

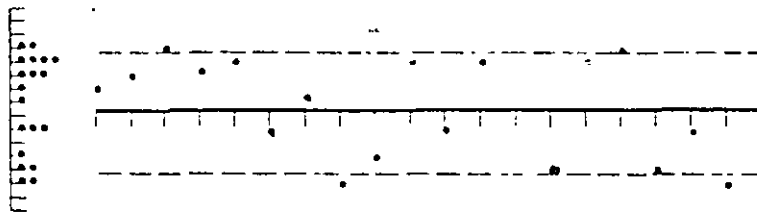
Some causes affecting \bar{X} chart
(stable variability)

some causes affecting R chart



(c) *Jumps in process level*

- | | |
|--|-----------------------|
| 1. Change in proportions of materials or subassemblies coming from different sources | 1. Change in material |
| 2. New worker or machine | 2. Change in method |
| 3. Modification of production method or process | 3. Change in worker |
| 4. Change in inspection device or method | |



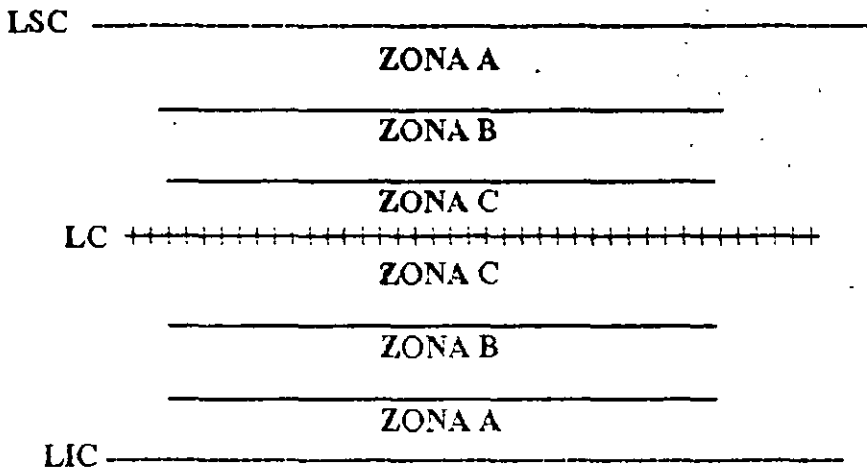
(d) *High proportion of points near or outside limits*

- | | |
|---|---|
| 1. Overcontrol | 1. Mixture of materials of distinctly different quality |
| 2. Large systematic differences in material quality | 2. Different workers using a single R chart |
| 3. Large systematic differences in test method or equipment | 3. Data from processes under different conditions plotted on same chart |
| 4. Control of two or more processes on same chart | |

*Some control
charts
control
 \bar{X}, R : 1. same quality supervision*

**DETECCION DE PRESENCIA DE CORRIDAS:
REGLAS PARA CORRIDAS DE AT&T
(AT&T RUNS RULES)**

REGLAS DESARROLLADAS POR AT&T QUE PERMITEN DETECTAR LA INESTABILIDAD DE UN PROCESO MEDIANTE EL ANALISIS DE CORRIDAS. PARA SU APLICACION ES NECESARIO DIVIDIR EL AREA ENTRE LA LINEA CENTRAL Y CADA UNO DE LOS LIMITES DE CONTROL EN TRES ZONAS:

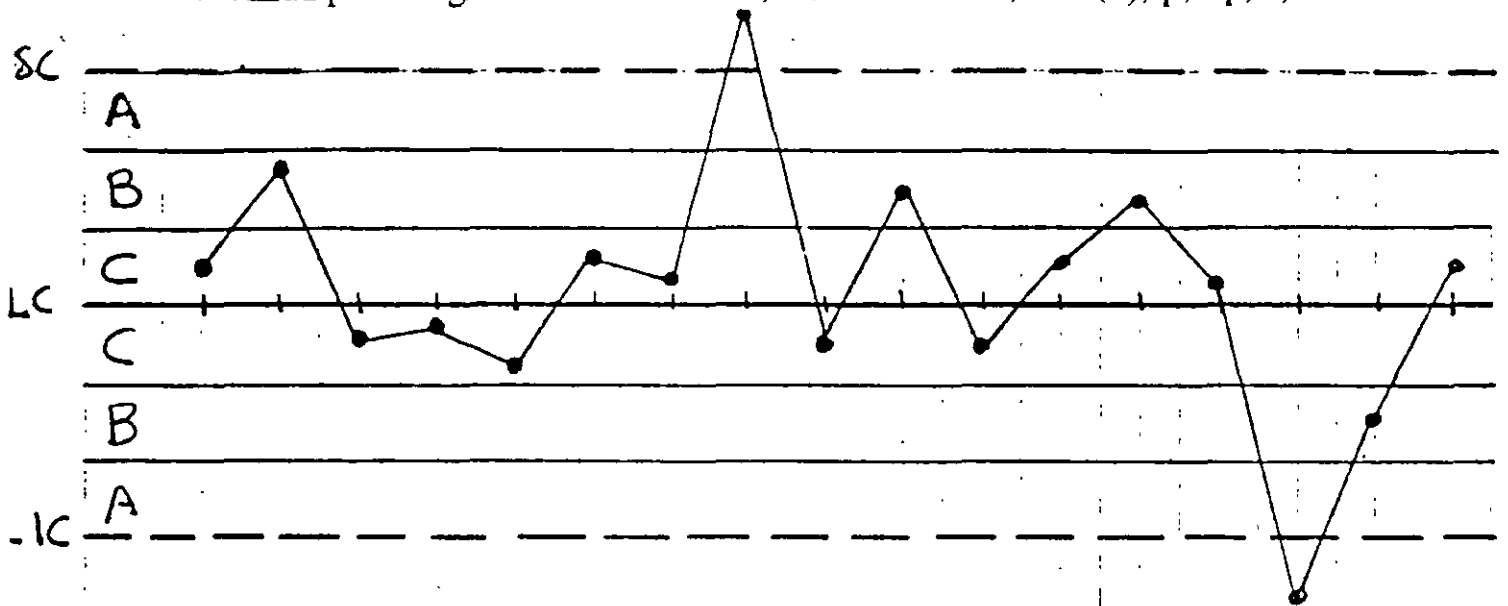


ZONAS PARA REGLAS PARA CORRIDAS DE AT&T

UN PROCESO SE CONSIDERA INESTABLE SI FALLA ANTE UNA DE LAS SIGUIENTES CUATRO REGLAS:

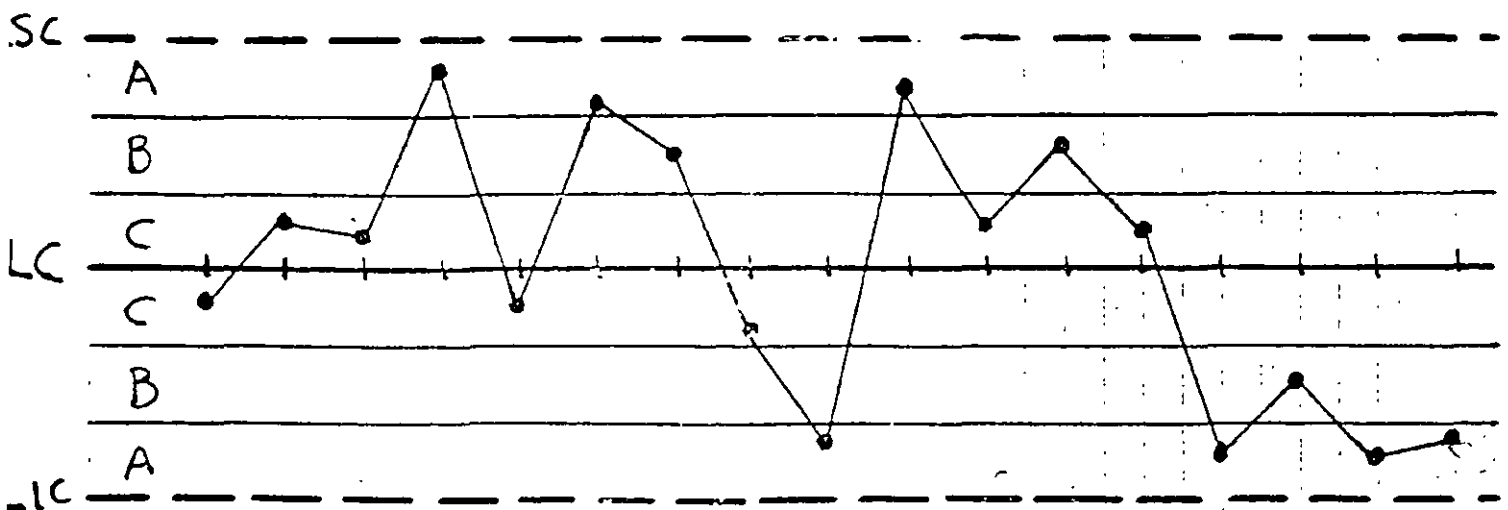
REGLA NUMERO 1:

Un punto fuera de uno de los límites de control (más allá de la zona A). Regla válida para diagramas de control: R , \bar{X} , PM , RM , I , $RM(2)$, p , np , c , o u .



REGLA NUMERO 2:

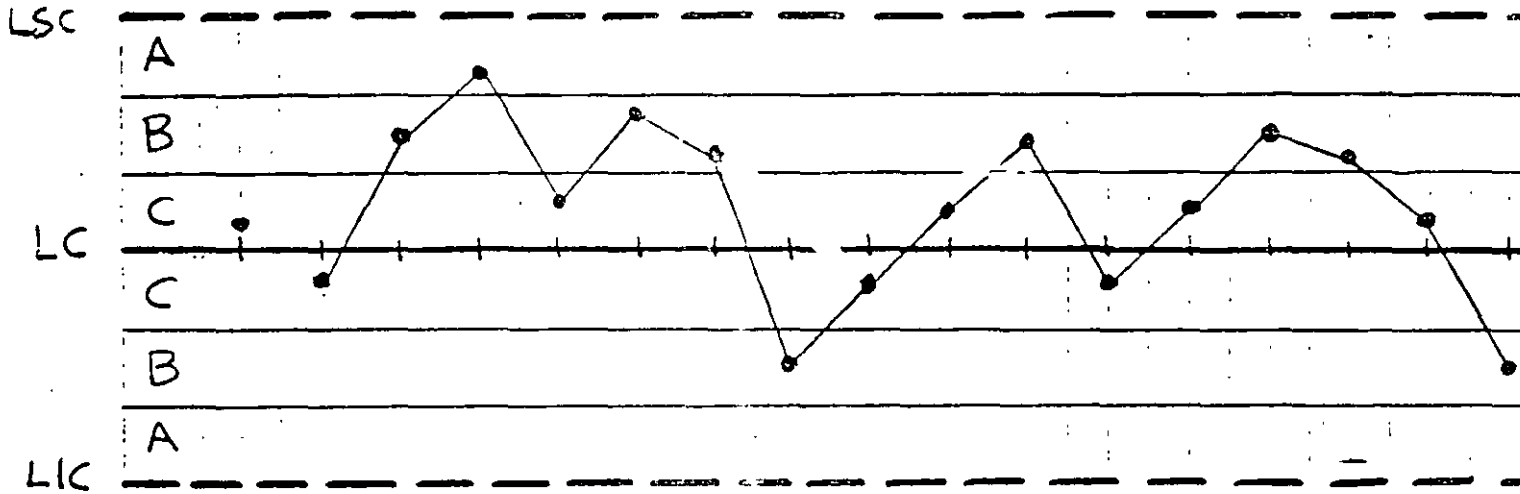
Dos de tres puntos sucesivos caen en la zona A (del mismo lado) o más lejos. El "otro" punto puede estar donde sea. Regla válida para diagramas de control: R , \bar{X} , I , p , np , c , o u .



Marque sólo el segundo de los puntos con una X.

REGLA NUMERO 3:

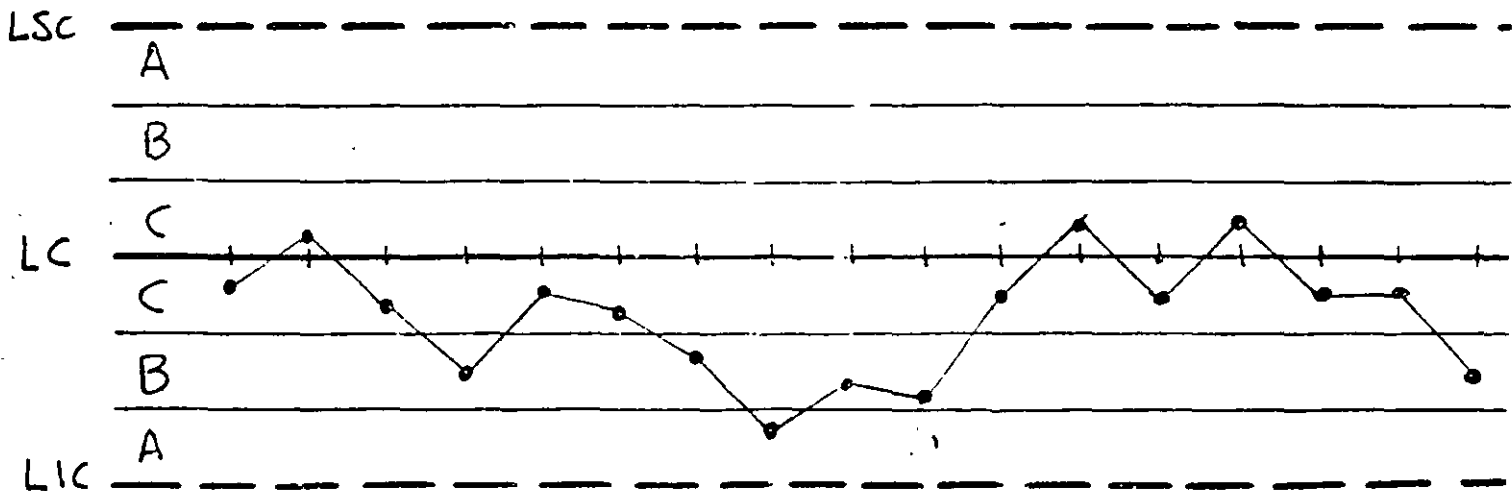
Cuatro de cinco puntos sucesivos caen en la zona B (del mismo lado) o más lejos. El otro punto cae donde sea. Regla válida para diagramas de control: R, \bar{X} , I, p, np, c, o u.



Marque sólo el cuarto de los cuatro puntos con una X.

REGLA NUMERO 4:

Ocho puntos sucesivos caen en la zona C (del mismo lado) o más lejos. Regla válida para diagramas de control: R, \bar{X} , I, p, np, c, o u.



Marque sólo el octavo punto con una X.

DETECCION DE PRESENCIA DE CORRIDAS: REGLAS PARA CORRIDAS DE NELSON

TECHNICAL AIDS

by
Lloyd S. Nelson

The Shewhart Control Chart—Tests for Special Causes

THREE years ago, for purposes of convenience and uniformity of application, I collected a set of tests for assignable causes (Figure 1) to be applied to Shewhart control charts for means of normally distributed data. Figure 2 is a set of comments on these tests. Deming (1982) refers to assignable causes as "special causes" in order to contrast them with what he calls "common causes". A common cause is one that affects all the points on the chart, as when a centerline is too high. A common cause is fixed by changing the system. A special cause is fixed by removing the perturbing influence that caused the out-of-control signal.

For my use, Figures 1 and 2 were printed back-to-back on 8.5" × 11" yellow card stock and issued to all areas where Shewhart charts are applied. One of the main objectives was to standardize on this schedule of tests so that discussion would be focused on the behavior of the process rather than on what test should be used. Further, control limits are

KEY WORDS: Shewhart Control Charts, Tests for Assignable Causes, Tests for Special Causes, \bar{X} Control Charts

taken to be three sigma away from the mean unless specified otherwise. If it is desirable to use what otherwise might be called "two sigma control limits", test one is simply redefined to be "one point beyond Zone B."

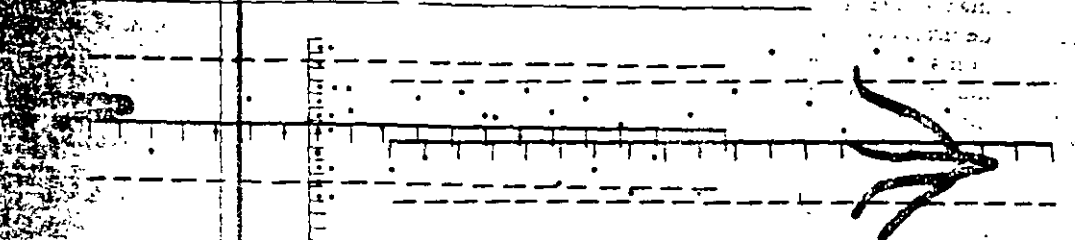
Tests one, three, and four can be used with p , np , c , and u charts. If the distributions are close enough to being symmetrical, test two can also be used with these charts. Use binomial or Poisson tables to check specific situations.

Conditions that can cause each of these tests to give a signal are illustrated in the *Western Electric Statistical Quality Control Handbook* (1956). The serious user should consult this source. I am pleased to be able to say that the Society has given permission for readers to reproduce Figures 1 and 2 without copyright restriction.

References

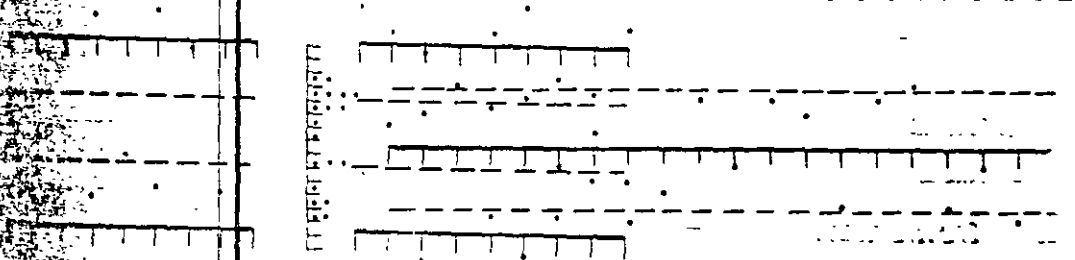
- DEMING, W. E. (1982). *Quality, Productivity and Competitive Position*. Center for Advanced Engineering Study, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, Chapter 7.
- WESTERN ELECTRIC (1956). *Statistical Quality Control Handbook*. American Telephone and Telegraph Company, Chicago, IL.

Algunos cambios que alteran la gráfica \bar{X} (variabilidad estabilizada) Algunos cambios que alteran la gráfica \bar{X} (variabilidad estabilizada) Algunos cambios que alteran la gráfica R (continúa)



(a) Verificación o falta de verificación de los límites de control en las muestras sucesivas en el gráfico del proceso

1. Límite incorrecto de los límites de control
 2. Grupos incorrectos: la gráfica R recibe más estabilidad que la gráfica \bar{X}
 3. Cambio en el material
 4. Cambio en el método de medición
 5. Cambio del operario
 6. Operario o máquina nuevos
 7. Modificación del método o proceso de producción
 8. Cambio en el método para inspección



(d) Alta proporción de puntos cerca o fuera de los límites
 Correlación positiva
 Correlación negativa

- (f) Correlación entre gráficas \bar{X} y R del sistema de control
 1. Exceso de control
 2. Grandes diferencias sistemáticas en la calidad del material
 3. Grandes diferencias sistemáticas en el método de control
 4. Llevar control de dos o más procesos en la misma gráfica
- (g) Correlación entre gráficas \bar{X} y R diferentes
 1. Puntos generados desde la misma muestra
 2. Relaciones desconocidas entre causa y efecto
- 1. Mezcla de materiales de calidades notoriamente diferentes
- 2. Empleo de una sola gráfica de R para diversos operarios
- 3. Datos de procesos en diferentes condiciones, trazados en la misma gráfica

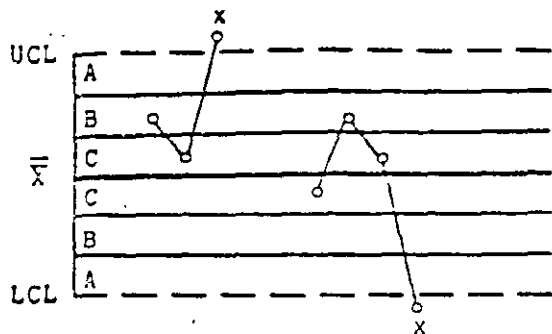
SHEWHART CONTROL CHARTS

Notes on Tests for Special Causes

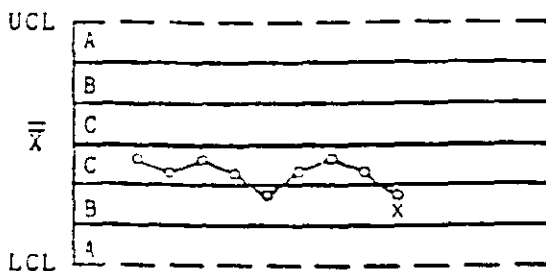
1. These tests are applicable to \bar{X} charts and to individuals (X) charts. A normal distribution is assumed. Tests 1, 2, 5, and 6 are to be applied to the upper and lower halves of the chart separately. Tests 3, 4, 7 and 8 are to be applied to the whole chart.
2. The upper control limit and the lower control limit are set at three sigma above the centerline and three sigma below the centerline. For the purpose of applying the tests, the control chart is equally divided into six zones, each zone being one sigma wide. The upper half of the chart is referred to as A (outer third), B (middle third) and C (inner third). The lower half is taken as the mirror image.
3. When a process is in a state of statistical control, the chance of (incorrectly) getting a signal for the presence of a special cause is less than five in a thousand for each of these tests.
4. It is suggested that Tests 1, 2, 3 and 4 be applied routinely by the person plotting the chart. The overall probability of getting a false signal from one or more of these is about one in a hundred.
5. It is suggested that the first four tests be augmented by Tests 5 and 6 when it becomes economically desirable to have earlier warning. This will raise the probability of a false signal to about two in a hundred.
6. Tests 7 and 8 are diagnostic tests for stratification. They are very useful in setting up a control chart. These tests show when the observations in a subgroup have been taken from two (or more) sources with different means. Test 7 reacts when the observations in the subgroup always come from both sources. Test 8 reacts when the subgroups are taken from one source at a time.
7. Whenever the existence of a special cause is signaled by a test, this should be indicated by placing a cross just above the last point if that point lies above the centerline, or just below it if it lies below the centerline.
8. Points can contribute to more than one test. However, no point is ever marked with more than one cross.
9. The presence of a cross indicates that the process is not in statistical control. It means that the point is the last one of a sequence of points (a single point in Test 1) that is very unlikely to occur if the process is in statistical control.
10. Although this can be taken as a basic set of tests, analysts should be alert to any patterns of points that might indicate the influences of special causes in their process.

FIGURE 2. Comments on Tests for Special Causes

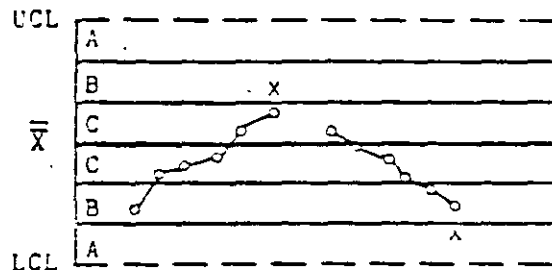
Test 1. One point beyond Zone A



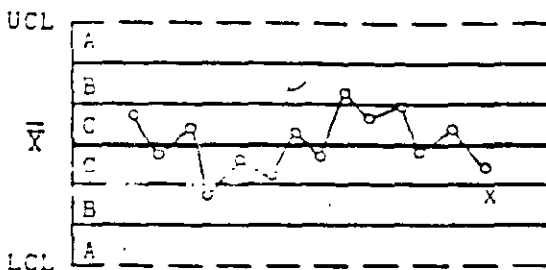
Test 2. Nine points in a row in Zone C or beyond



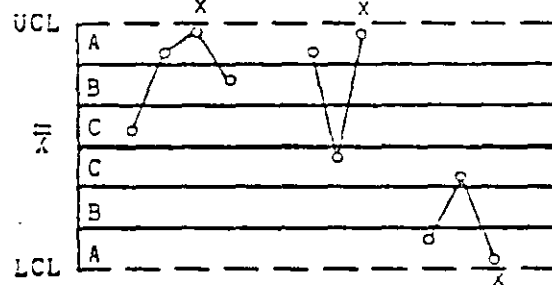
Test 3. Six points in a row steadily increasing or decreasing



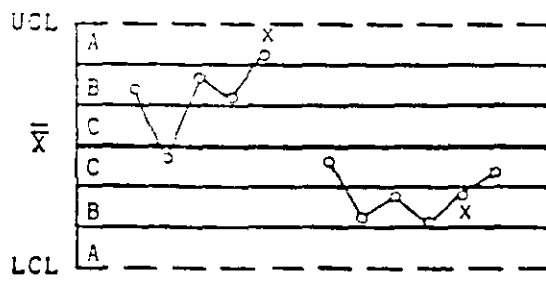
Test 4. Fourteen points in a row alternating up and down



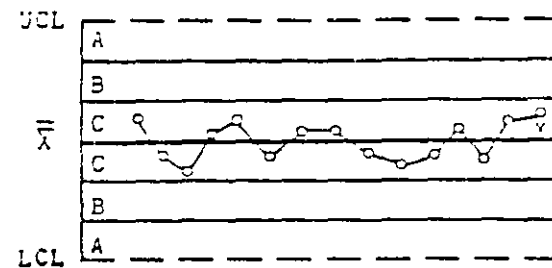
Test 5. Two out of three points in a row in Zone A or beyond



Test 6. Four out of five points in a row in Zone B or beyond



Test 7. Fifteen points in a row in Zone C (above and below centerline)



Test 8. Eight points in a row on both sides of centerline with none in Zones C

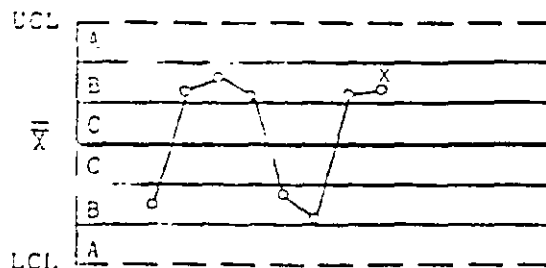
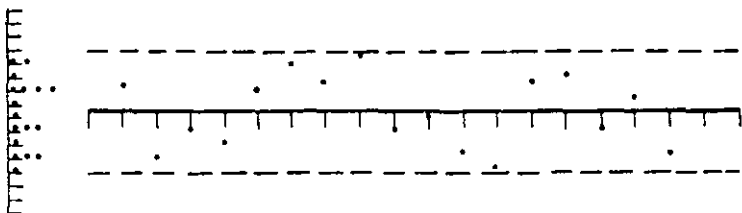


FIGURE 1. Illustrations of Tests for Special Causes Applied to Shewhart Control Charts

Algunos cambios que alteran la gráfica de \bar{X} (variabilidad estabilizada)

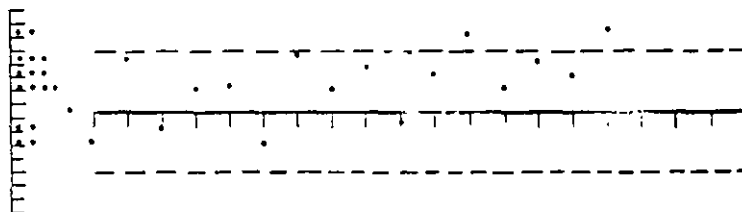
Algunas causas que alteran la gráfica R



(a) Ciclos recurrentes

1. Cambios en la temperatura u otros recurrentes en el entorno físico
2. Fatiga de los operarios
3. Diferencias en los aparatos para medición o pruebas que se utilizan al efecto
4. Rotación normal de máquinas o de operarios
5. Combinación de subconjuntos u otros procesos

1. Mantenimiento preventivo programado
2. Fatiga de los operarios
3. Herramientas gastadas



(b) Tendencias

1. Deterioro gradual del equipo que influye en todos los artículos
2. Fatiga de los operarios
3. Acumulación de productos de desecho
4. Deterioro de las condiciones ambientales

1. Mejora o detrimento de la pericia del operario
2. Fatiga de los operarios
3. Cambio en las proporciones de subconjuntos que alimentan una línea de ensamble
4. Cambio gradual en la homogeneidad de la calidad del material recibido

SUBAGRUPAMIENTO RACIONAL

SUBGRUPO (O MUESTRA) RACIONAL

CONJUNTO DE DATOS PROVENIENTES DE MEDICIONES INDIVIDUALES CUYA VARIACION ES ATRIBUIBLE SOLO A UN MISMO PATRON DE VARIACION, O A UN SISTEMA UNICO DE CAUSAS COMUNES.

SUBAGRUPAMIENTO RACIONAL

PROCESO DE FORMACION Y OBSERVACION DE SUBGRUPOS EN EL CUAL SE MAXIMIZA LA PROBABILIDAD DE QUE LAS MEDICIONES (DENTRO) DE CADA UNO DE LOS SUBGRUPOS SEAN SIMILARES Y SE MAXIMIZA LA POSIBILIDAD DE QUE LOS SUBGRUPOS DIFIERAN ENTRE SI.

SE BUSCA QUE DENTRO DE UN MISMO SUBGRUPO SOLO EXISTA VARIACION COMUN Y QUE LAS CAUSAS ESPECIALES DE VARIACION SE PRESENTEN ENTRE UN SUBGRUPO Y OTRO.

PROBLEMAS INVOLUCRADOS:

TAMAÑO DE LOS SUBGRUPOS, FRECUENCIA DEL MUESTREO, METODOS DE SELECCION DE SUBGRUPOS, ETC

TAMAÑO DE LOS SUBGRUPOS

LA DETERMINACION DEL TAMAÑO DE LOS SUBGRUPOS DEBE CONSIDERAR:

- LAS OBSERVACIONES DENTRO DE CADA SUBGRUPO DEBEN ESTAR SUJETAS SOLO A VARIACION COMUN. ESTO SE LOGRA ESCOGIENDO UN TAMAÑO PEQUEÑO PARA LOS SUBGRUPOS.
- SE DEBE BUSCAR LA PRESENCIA DE UNA DISTRIBUCION NORMAL PARA LAS MEDIAS DE LAS MUESTRAS. ESTO SE LOGRA ESCOGIENDO SUBGRUPOS CON TAMAÑO MAYOR O IGUAL A 4.
- SE DEBE BUSCAR UNA ADECUADA SENSIBILIDAD PARA DETECTAR CAUSAS ESPECIALES/ASIGNABLES. PARA ELLO, CONVIENE UN TAMAÑO GRANDE DE SUBGRUPOS.
- LA MEDICION, CAPTURA Y PROCESAMIENTO DE DATOS DEBEN REALIZARSE DE MANERA ECONOMICA.

FRECUENCIA DEL MUESTREO

EL INTERVALO DE TIEMPO ENTRE SUBGRUPOS DEBE CONSIDERAR:

- NATURALEZA GENERAL DE LA ESTABILIDAD DEL PROCESO: LA INESTABILIDAD QUE SUELE EXHIBIR UN PROCESO.
- FRECUENCIA DE LOS EVENTOS QUE DETERMINAN AL PROCESO (EJEMPLOS: FLUCTUACIONES EN CONDICIONES AMBIENTALES, CAMBIOS EN MATERIAS PRIMAS, ETC)
- COSTO DE MUESTREO.

METODOS DE SELECCION DE SUBGRUPOS

SUBAGRUPAMIENTO RACIONAL \Leftrightarrow FORMAR SUBGRUPOS CON OBSERVACIONES QUE SEAN LO MAS HOMOGENEAS POSIBLES. ESTO GENERALMENTE SE LOGRA. POR EJEMPLO:

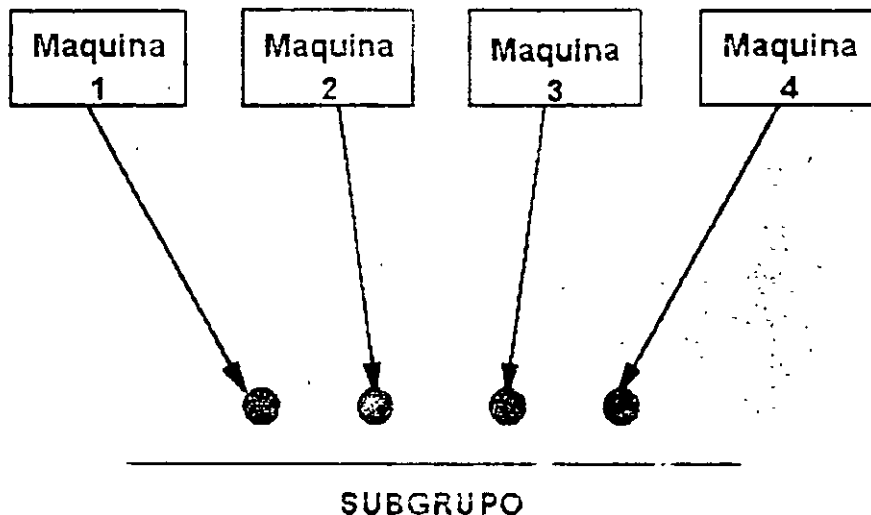
- SELECCIONANDO LOS SUBGRUPOS DE ACUERDO A UN CIERTO ORDEN SECUENCIAL DE PRODUCCION (POR EJEMPLO: 5 MEDICIONES A LAS 9.00, 5 MEDICIONES A LA 9:45,...).
- EFECTUANDO LA MEDICIONES DE UN MISMO SUBGRUPO DE MANERA SIMULTANEA

ERRORES COMUNES EN METODOS DE SELECCION DE SUBGRUPOS:

- ESTRATIFICACION
- MEZCLA DE POBLACIONES.

ESTRATIFICACION

PROBLEMA ASOCIADO CON SUBGRUPOS FORMADOS (DE MANERA "REPRESENTATIVA") POR MEDICIONES PROVENIENTES DE DIFERENTES PROCESOS.



EJEMPLO

UNA COMPAÑIA HA ENFRENTADO CONSTANTES RECHAZOS DE PRODUCTOS POR PARTE DE UN CLIENTE. YA QUE EL 75% DE LAS PIEZAS QUE ESTE HA RECIBIDO SE ENCUENTRAN FUERA DE ESPECIFICACIONES (100±4). EL INGENIERO DE CALIDAD DEMUESTRA, MEDIANTE LOS DIAGRAMAS DE CONTROL PARA R Y PARA \bar{X} PRESENTADOS A CONTINUACION, QUE "LO QUE DICE EL CLIENTE ES TOTALMENTE FALSO"

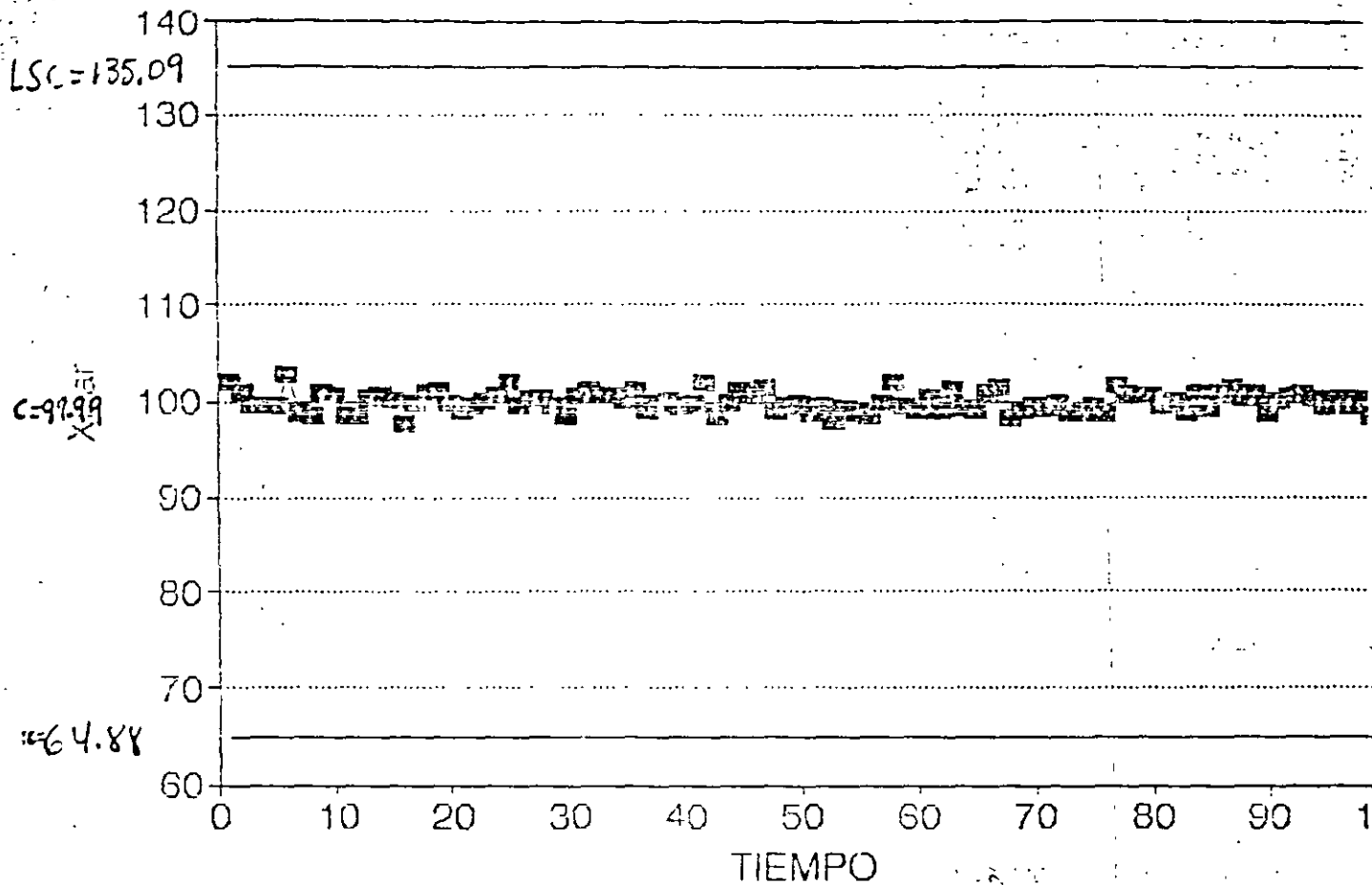


DIAGRAMA DE CONTROL PARA \bar{X}

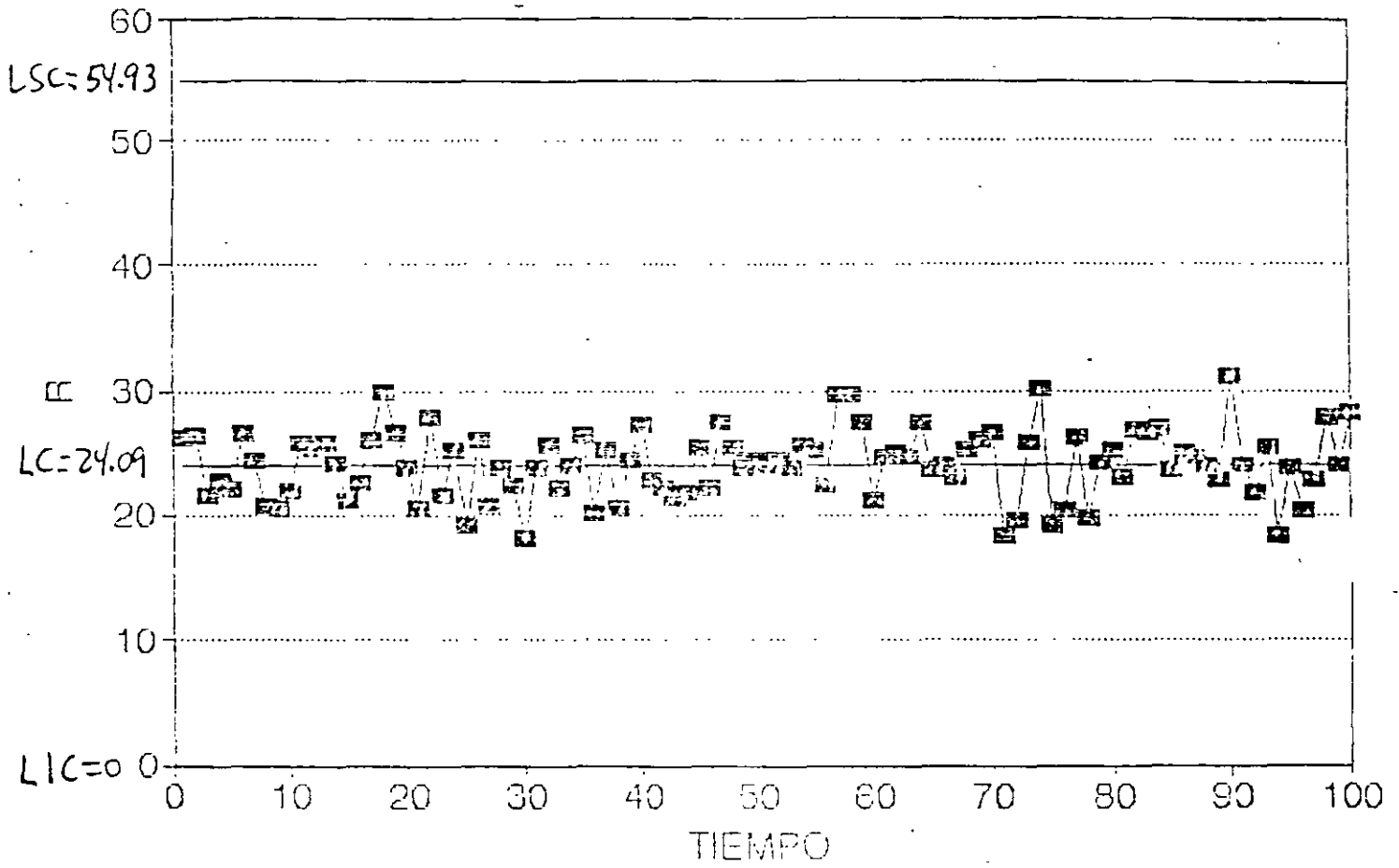
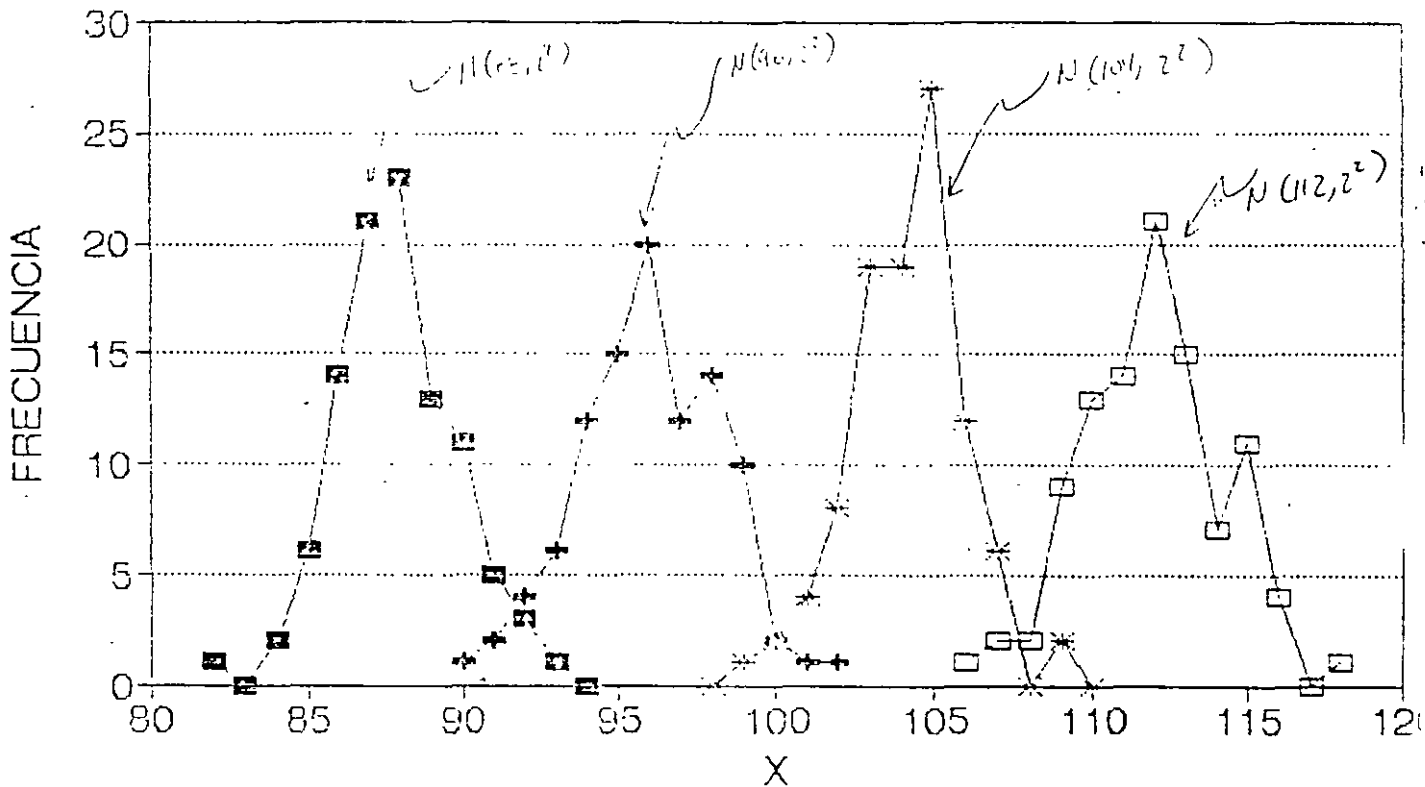


DIAGRAMA DE CONTROL PARA R

DE MANERA SOSPECHOSA. AMBOS DIAGRAMAS "ACARICIAN" LAS LINEAS CENTRALES RESPECTIVAS. ELLO SUELE SER INDICATIVO DE ESTRATIFICACION.

POSTERIORES INDAGACIONES PERMITIERON CONCLUIR QUE SE ESTAN MUESTREANDO SIMULTANEAMENTE 4 POBLACIONES DISTINTAS. CADA UNA PROVENIENTE DE UN PROCESO (MAQUINA DIFERENTE. TAL COMO SE MUESTRA EN LA SIGUIENTE GRAFICA:



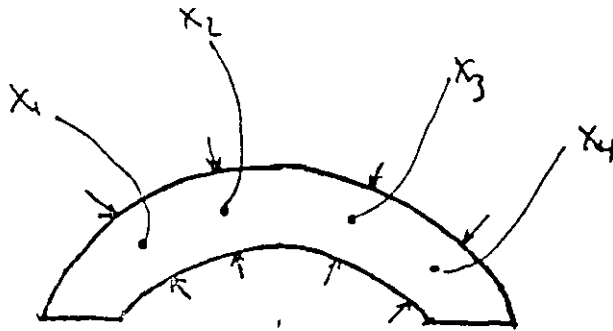
POBLACIONES DEL EJEMPLO

REMEDIÓ: ELABORAR DIAGRAMAS DE CONTROL PARA CADA UNA DE LAS "FUENTES" DE VARIACION (PROCESOS) DE LOS CUALES SE HACEN LAS OBSERVACIONES.

EJEMPLO

UN CASO FRECUENTE DE ERROR DE ESTRATIFICACION OCURRE CUANDO LOS SUBGRUPOS SE FORMAN A PARTIR DE MULTIPLES MEDICIONES DE UN MISMO ESPECIMEN.

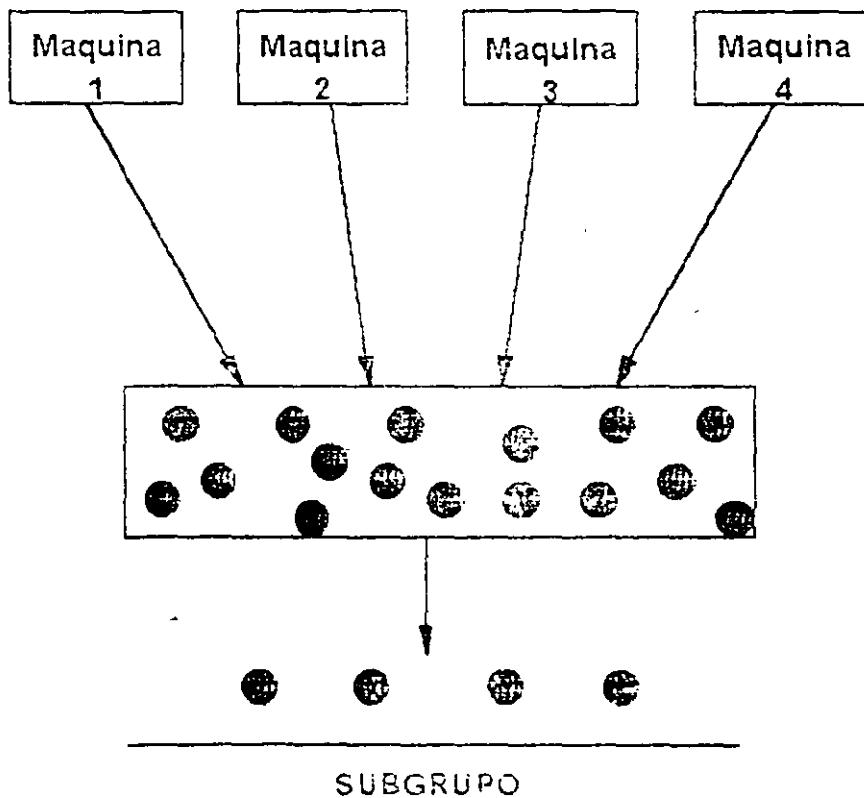
POR EJEMPLO, LA SIGUIENTE FIGURA MUESTRA LOS DIFERENTES PUNTOS (DE UNA MISMA PIEZA) SOBRE LOS CUALES SE REALIZAN MEDICIONES QUE EN SU CONJUNTO, FORMARON UN SUBGRUPO.



**MUESTREO ESTRATIFICADO: MEDICIONES
MÚLTIPLES DE UN MISMO ESPECIMEN**

MEZCLA DE POBLACIONES

ERROR QUE SE PRESENTA CUANDO SE "MEZCLAN" EN UN SOLO "RECIPIENTE" POBLACIONES GENERADAS POR DIFERENTES PROCESOS. DENTRO DE UN MISMO SUBGRUPO, LAS OBSERVACIONES QUE LO FORMAN PUEDEN PROVENIR DE UNA MISMA FUENTE DE VARIACION (PROCESO)



DETECCION DE MEZCLA DE POBLACIONES

EN AMBOS DIAGRAMAS DE CONTROL (PARA R Y PARA \bar{X}) SE PRESENTAN PUNTOS QUE "ACARICIAN" A LOS LIMITES DE CONTROL

REMEDIO

ELABORAR DIAGRAMAS DE CONTROL PARA CADA UNO DE LOS PROCESOS POR SEPARADO

IMPLANTACIÓN Y AUDITORÍAS

IMPLANTACION DE DIAGRAMAS DE CONTROL

PROCESO QUE INVOLUCRA TOMA DE DECISIONES, REALIZACION DE CALCULO E IDENTIFICACION DE ACCIONES POR EJECUTAR QUE INCLUYE:

1. Decisiones previas a la implantación de los diagramas de control.
 - Determinación de los objetivos de los diagramas.
 - Selección de la variable.
 - Decisión respecto a las bases para el subagrupamiento.
 - Decisión respecto al tamaño y la frecuencia de los subgrupos.
 - Elaboración de las formas para captura de datos.
 - Determinación del método de medición.
2. Implantación de los diagramas de control preliminares.
 - Toma de mediciones.
 - Registro de mediciones y de otros datos relevantes
 - Cálculo del promedio de cada subgrupo \bar{X} .
 - Cálculo del Rango de cada subgrupo R.
 - Vaciado de los datos del Diagrama para \bar{X} .
 - Vaciado de los datos del Diagrama para R.
3. Determinación de los límites de control preliminares
 - Decisión respecto al número requerido de subgrupos antes de calcular los límites de control.
 - Cálculo de \bar{R} , el promedio de los rangos.
 - Cálculo de $\bar{\bar{X}}$, el promedio de las medias.
 - Cálculo de límites superior e inferior de control de cada uno de los diagramas.
 - Graficación de las líneas centrales y de los límites en los diagramas.
4. Obtención de conclusiones preliminares a partir de los diagramas de control.
 - Indicación de control o falta de control.
 - Relación aparente entre los que el proceso está haciendo y lo que se quiere que haga.
 - Identificación de las acciones sugeridas por el diagrama de control.
5. Uso continuo de los diagramas de control.
 - Revisión de la línea central y de los límites de control del diagrama para R.
 - Revisión de la línea central y de los límites de control del diagrama para \bar{X} .
 - Uso de los diagramas para definir acciones sobre el proceso.
 - Uso de los diagramas para definir acciones/decisiones sobre la aceptación del producto.
 - Uso de los diagramas para definir acciones sobre las especificaciones.

1. DECISIONES PREVIAS A LA IMPLANTACION DE LOS DIAGRAMAS DE CONTROL

Determinar los objetivos

Objetivos comúnmente buscados.

1. Analizar el proceso para:
 - Proporcionar información relevante sobre las especificaciones: para establecerlas, para cambiarlas, o para determinar si el proceso puede cumplirlas
 - Proporcionar información relevante sobre establecimiento o cambio de procedimientos productivos: eliminación de causas especiales de variación, eliminación de causas comunes (cambios fundamentales en métodos o materiales de producción).
 - Proporcionar información relevante sobre procedimientos de inspección o de aceptación (establecimiento o cambio de los mismos)
2. Proporcionar bases para decisiones de producción relacionadas con las causas de variación: cuándo buscar causas de variación y realizar acciones para eliminarlas
3. Proporcionar bases para decisiones respecto a la aceptación o rechazo de productos (comprado o manufacturado)
4. Establecer una de las herramientas para el mejoramiento continuo y/o familiarizar al personal con dicho proceso.

Seleccionar la variable

Razones para seleccionar una cierta variable por controlar:

1. Variable relevante para mejorar la calidad de un producto.
2. Variable crucial para la reducción de los costos de calidad.

Seleccionar las bases para el subagrupamiento

El criterio básico es la formación de subgrupos racionales.

Decidir el tamaño y la frecuencia de los subgrupos

Aspectos por considerar:

1. Criterios económicos.
2. Criterios estadísticos.

Ideas que pueden ayudar:

Generalmente, es deseable tener subgrupos pequeños (por razones económicas). Shewhart recomienda $n=4$. El tamaño más comúnmente encontrado en la industria es $n=5$. Subgrupos más grandes (n entre 10 y 20) ofrecen la ventaja de dar como resultado diagramas de control

sensibles para detectar variaciones pequeñas. En todos los casos, se debe considerar la necesidad de formar subgrupos homogéneos.

Elaborar las formas para la captura de datos

Considere las características del personal que va a capturar los datos.

Las formas deben incluir descripción de (1) el producto por medir, (2) la unidad de medición, (3) cualquier información relevante.

Determinar el método de medición

Aspectos por considerar:

1. Selección de los instrumentos de medición que se usarán para analizar el proceso
2. Determinación del procedimiento de medición.
3. Documentación sobre el proceso de medición y de la calibración de instrumentos.

2. IMPLANTACION DE LOS DIAGRAMAS DE CONTROL PRELIMINARES

Esto requiere: (1) efectuar y registrar mediciones y consignar cualquier información relevante, (2) calcular promedios y rangos, y (3) elaborar los diagramas de control para \bar{X} y para R.

X-bar and R Control Chart Calculation Form

Name _____ Date _____
 Process _____ Sample description _____
 Number of subgroups (k) _____ Between (dates) _____
 Number of samples or measurements per subgroup (n) _____

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}}{k} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\bar{R} = \frac{\sum \bar{R}}{k} = \underline{\hspace{2cm}}$$

X-bar Chart

UCL = $\bar{\bar{X}} + (A_2 \cdot \bar{R})$
 UCL = $\hspace{1.5cm} + (\hspace{1.5cm} \cdot \hspace{1.5cm})$
 UCL = $\hspace{1.5cm} + \hspace{1.5cm}$
 UCL = $\underline{\hspace{2cm}}$

LCL = $\bar{\bar{X}} - (A_2 \cdot \bar{R})$
 LCL = $\hspace{1.5cm} - (\hspace{1.5cm} \cdot \hspace{1.5cm})$
 LCL = $\hspace{1.5cm} - \hspace{1.5cm}$
 LCL = $\underline{\hspace{2cm}}$

R Chart

UCL = $D_4 \cdot \bar{R}$
 UCL = $\hspace{1.5cm} \cdot \hspace{1.5cm}$
 UCL = $\underline{\hspace{2cm}}$

LCL = $D_3 \cdot \bar{R}$
 LCL = $\hspace{1.5cm} \cdot \hspace{1.5cm}$
 LCL = $\underline{\hspace{2cm}}$

Factors for Control Limits				
n	A ₂	D ₃	D ₄	d ₂
*1	2.66	—	3.27	1.128
2	1.88	—	3.27	1.128
3	1.02	—	2.57	1.693
4	0.73	—	2.28	2.059
5	0.58	—	2.11	2.226
6	0.48	—	2.00	2.534
7	0.42	0.08	1.92	2.704
8	0.37	0.14	1.86	2.847
9	0.34	0.18	1.82	2.970
10	0.31	0.22	1.78	3.087

*Use moving range of 2 for determining R

Process Capability

If the process is in statistical control, the standard deviation is:

$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2}$

$\hat{\sigma} = \underline{\hspace{2cm}}$

The process capability is:

$\bar{\bar{X}} - 3 \cdot \hat{\sigma}$ to $\bar{\bar{X}} + 3 \cdot \hat{\sigma}$

$\underline{\hspace{2cm}}$ to $\underline{\hspace{2cm}}$

EJEMPLO DE FORMA PARA CALCULOS

3. DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONTROL PRELIMINARES

1. Determine el número de subgrupos requeridos para poder calcular límites de control lo cual requiere un compromiso entre la urgencia por obtener resultados y la confiabilidad esperada de los mismos (sin embargo, es deseable utilizar por lo menos 25 subgrupos).
2. Calcule los límites de control preliminares.
3. Dibuje las líneas centrales y los límites de control de los diagramas.

4. OBTENCION DE CONCLUSIONES PRELIMINARES DE LOS DIAGRAMAS

Indicación de control o falta de control

1. Vacíe los datos de cada uno de los subgrupos observados
2. Analice la estabilidad del proceso (detección de: puntos fuera de control y de presencia de patrones sistemáticos o cambios en el proceso, a través del uso de reglas para análisis de corridas).

En caso de inestabilidad del proceso:

3. Identifique causas especiales de variación.
4. Elimine, en ambos diagramas, los datos de subgrupos que estuvieron fuera de control (en cualquiera de los diagramas).
5. Recalcule líneas centrales y límites de control en ambos diagramas.
6. Regrese a 1, hasta que los diagramas muestren estabilidad del proceso.

Get Control of Your Control Charts

Determine whether your control charts are providing information that contributes to process quality.

by
Michael J.
Boccacino

THE NEED FOR QUALITY IN TODAY'S BUSINESS world has stimulated a great desire to use control chart techniques. But all too often during quality systems audits, improperly executed or ineffective charts are found. If employees are to take the time to chart their processes, they must chart them correctly. Conducting a control chart audit will help identify specific areas of concern for your organization.

Control charts are intended to signal the need to look for assignable causes of variation. To get the best information from your charts, you should use a chart-development methodology from a statistical quality control textbook or training manual. Supplementing the written material with a training course is beneficial. Questions or concerns must be resolved during the development stages, not after implementation of the chart. Organizations that are using statistical process control (SPC) techniques should have a resident expert available to field questions and provide support.

This is fine in theory, but what can you do if you find problems with charts that are already in use? During a quality systems audit, you might find charts that are not providing information that contributes to process quality. For example, as shown in Figure 1, charts might have limits that need revision (all of the points are hugging the centerline) or extended runs that are high or low. Should you always assume that an assignable cause hasn't been identified? Probably not. It might not always be a process problem. It might be that the control chart was not developed correctly. Performing a systematic control chart audit will help you identify the areas in the chart-development methodology that are presenting difficulties.

Figure 2 shows an outline of an auditing process that was developed using Eugene L. Grant and Richard S. Leavenworth's *Statistical Quality Control* as a reference.¹ In fact, the outline follows Chapter 4 of the book closely. Several peripheral items were added, and some topics in the sections were resequenced. From this outline, you can develop an auditing checklist that will help you

break down your existing charting system into the logical steps that should have been followed in its development process. Since most of the charts used in the workplace are variables (X-bar and R) charts, the auditing process outline is geared toward those types of charts. The outline, however, is readily adaptable to *s* charts or attributes applications (such as *n*, *p*, *c*, or *u*).

A key matter to consider is who should conduct the audit. The auditor should be a qualified, professional, independent of the activity being audited. It might be desirable to have a second auditor participate. The auditee should be the person responsible for the development and use of the charts.

If desired, your checklist can be scored using a scale of one to five, with one being lowest and five being the highest. The low end of the scale indicates the absence of an item; the top end of the scale indicates a well-executed and well-documented item. In situations in which a particular item does not apply, mark the item "not applicable" and adjust the score accordingly. Final scores can be calculated on the basis of total points or percent, whichever is most appropriate.

To help you develop your checklist, here is an expanded version of the auditing process outline shown in Figure 2:

I. Preliminaries

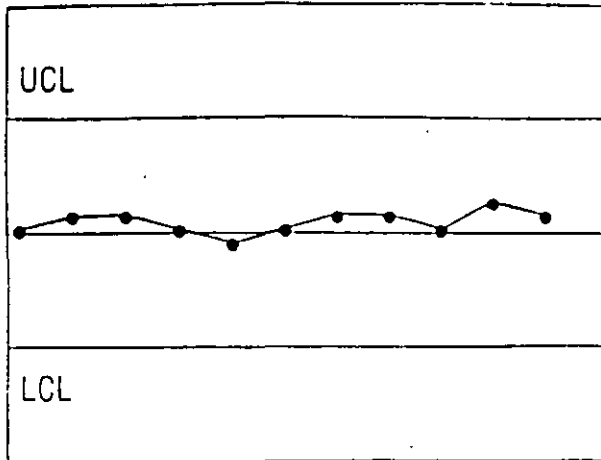
This section deals with topics that should be considered prior to implementing SPC.

A. Responsibilities. All personnel—including operations, technical, professional, and management staffs—must be given specific responsibilities. This is one of the most important factors in an SPC program.

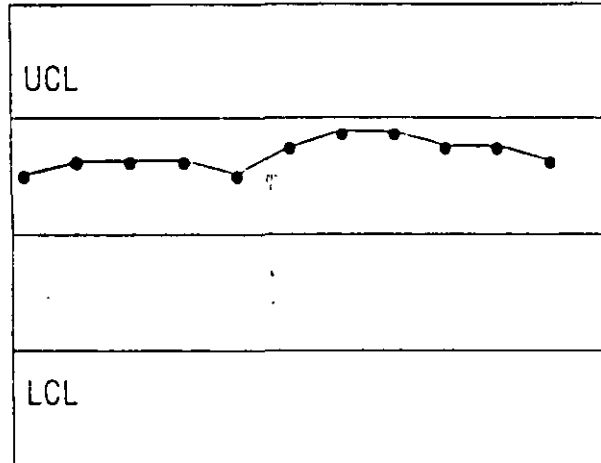
1. Management

a. Provide support. Management support must be visible, constant, involved, and active. Without it, you might as well go home. If the employees don't perceive SPC as being important to the boss, it won't be implemented. Support must come from all management levels, from senior managers to

Figure 1. Outline of the Auditing Process



Hugging the centerline.



All points running high.

group leaders to foremen. Ask the employees whether they believe they are getting support from management in implementing SPC.

b. Define the overall SPC program for the organization. The process of implementing SPC is easier when a document exists stating management's goals and objectives for the organization. For large companies, this should be documented at both the corporate level and the division or unit level. A timeline for implementation can be a valuable tool. Check to see whether such documentation is available to all personnel in the organization.

c. Provide training. Each group of employees has different SPC training needs. Management should outline and document the different "need" groups for each function (e.g., operations, technical, engineering, and administration). Courses and resources should be identified and made available to meet those needs.

2. Personnel

a. Understand responsibilities in the SPC program. In keeping with point 1b, employees must know what is expected of them and when it is expected. It's wise to have employees at all levels participate in defining the SPC program. This will ensure

that they understand and buy into the program. Check to see whether employees understand their responsibilities.

b. Understand roles in the overall process. Employees must know how their roles fit into the overall process and how their jobs affect the product downstream. If employees understand that correcting an error early in the process costs \$100 and correcting the same problem at the end of the process costs \$10,000, they will better appreciate the importance of each individual's operation. Question employees for knowledge of the needs of the people both upstream and downstream in the process.

B. Training received

1. *Management.* In contrast to point 1c in section A, which discusses the availability of courses, this point deals with actual participation in SPC training. Managers need training if they are to implement SPC. Document the training that each manager receives.

2. *Personnel.* SPC training should be targeted mainly at the people who will be using SPC daily, such as operators, technicians, and engineers. Short, intensive training programs are fine, but it will be of enormous benefit to provide refresher courses periodically. Document the training that each employee receives.

C. Procedures

1. *Overall SPC program.* Just having a documented SPC program is not enough. Find out whether the documents are readily available to employees; they must be aware of the SPC program to implement it. They also must have access to the timeline so that they have a framework for achieving the goals and objectives. In addition, definite guidelines concerning the "when" will provide the impetus to stay on track.

2. *Nonconforming samples.* A step-by-step procedure must be available to tell operators what to do when a sample or measurement is nonconforming. Flowcharts are an excellent tool for this task. If needed, flowcharts can contain simple instructions, such as "run the sample again" or "notify the supervisor."

II. Preparation for control charts

Section II discusses the items that should be considered in preparing a control chart.

A. *Review the control chart objectives.* An important purpose of control charts is to understand process variability so that you can control and reduce it, which ultimately leads to the production of high-quality materials, data, or services. Control charts should never be used just for the sake of satisfying the boss. It's too time consuming and expensive an exercise to conduct without good objectives. Assess the need for control charts.

B. *Choose the variable to be charted.* If there is more than one variable implicated in the process, evaluate which one(s) would provide the greatest contribution to process knowledge. Review the justification for charting the variable.

C. *Determine the subgroup size and frequency.* There are many reasons for choosing subgroup sizes and frequencies. It would be foolish to think that cost is not one of them. Cost however, should not be the overriding factor. Homogeneity of the sample is the issue. The subgroup must be chosen so the variability within the subgroup is due only to random cause and that variability between subgroups is influenced only by nonrandom causes. Check for the reasons why the subgroup size and frequency were chosen to see whether there is an understanding of how to choose subgroups.

Figure 2. Outline of the Auditing Process

- I. Preliminaries
 - A. Responsibilities
 1. Management
 - a. Provide support
 - b. Define the overall statistical process control (SPC) program for the organization
 - c. Provide training
 2. Personnel
 - a. Understand responsibilities in the SPC program
 - b. Understand roles in the overall process
 - B. Training received
 1. Management
 2. Personnel
 - C. Procedures
 1. Overall SPC program
 2. Nonconforming samples
- II. Preparation for control charts
 - A. Review the control chart objectives
 - B. Choose the variable to be charted
 - C. Determine the subgroup size and frequency
 - D. Develop the data-gathering process
 - E. Select the measurement system
 1. Calibration and standardization
 2. Traceability
- III. Construction of the control charts
 - A. Take measurements
 - B. Record data
 - C. Calculate and plot X-bar and R
- IV. Determination of trial limits
 - A. Select the number of subgroups before limit calculation
 - B. Calculate control chart limits
 - C. Plot central lines and limits
- V. Initial conclusions
 - A. Is the chart indicating an in- or out-of-control situation?
 - B. Is the process demonstrating statistical control or lack of control?
 - C. Are out-of-control-situations being investigated?
 - D. Is the process doing what it is supposed to do?
 - E. Are there specifications?
 - F. What is the capability of the process being charted?
 - G. If the process is not in control, what is being done to determine the cause?
 - H. Have enough data been plotted to be able to draw conclusions about the process from the control charts? If there is an adequate amount of data, is it being fully utilized?
- VI. Continued use
 - A. Determine the status of the control chart system
 - B. Review control limits
 - C. Review specifications
 - D. Review process actions
 - E. Determine the worthiness of the control chart system

D. Develop the data-gathering process. The data-gathering process should be simple and efficient; avoid too much data transcription. There are preprinted forms available that are good representations of blank control charts and contain the good representations of blank control charts and contain the good representations of blank control charts and contain the good representations of blank control charts and contain the good representations of blank control charts as well. If possible, ink should be used to record the data to maintain integrity.

E. Select the measurement system. In the event that there is more than one method available for taking a measurement, investigate to determine which method best serves the purpose.

1. *Calibration and standardization.* Even for fairly simple processes, it is usually necessary to perform some type of calibration or standardization. A procedure should be in place, and historical records should be available to demonstrate that the system was calibrated or standardized at any given time it was in use.

2. *Traceability.* Different types of reference materials and standards have different traceabilities associated with them. The primary reference might be the National Institute of Standards and Technology. In lieu of that reference, many manufacturers and suppliers provide certificates of analysis or other documentation for traceability purposes.

III. Construction of the control charts

The topic of this section is the three tasks needed to acquire the information for a control chart: obtaining the data, calculating the subgroup statistics, and plotting the initial data.

A. *Take measurements.* To minimize the amount of operator variability introduced into the measurement process, there should be a standardized procedure for taking measurements. Even for a one-person operation, a procedure is needed. If the person leaves, there might be no one left who knows how to take the process correctly.

B. *Record data.* To keep good records of the data for the control charts, there should be a data sheet. Data sheets should be neat and orderly. Current data should be kept with the control charts.

C. *Calculate and plot X-bar and R.* Calculating subgroup averages and ranges is straightforward, but errors can occur. Thus, randomly sampling some points and checking calculations is recommended. The plotting of the points on the chart should also be checked. Errors in plotting seem to be fairly common, especially when the scales on the charts are oddly spaced or not easily discernible.

IV. Determination of trial limits

When enough data are collected, control limits must be calculated. Section IV discusses the matter of limits.

A. *Select the number of subgroups before limit calculation.* Find out how many subgroups are used to calculate control limits. The recommended number of subgroups required to calculate initial limits is 20 to 25. When possible, use more is better. If you use a small number of subgroups, be prepared to reevaluate the limits after acquiring more data.

B. *Calculate control chart limits.* Calculating control chart limits is fairly simple. The individual responsible for the chart should be able to demonstrate which data were used and the method of calculation for the limits. It is beneficial to write down the calculations and the references for those calculations at the bottom of the chart. Even if an off-the-shelf control chart package is used, the operator should still understand and be able to explain the methodology used.

C. Plot central lines and limits. Once the limits are calculated, they should be entered on the current chart and transferred to each subsequent chart. They should be legible, and the scales should be appropriate for the data being charted.

V. Initial conclusions

After the control chart has been in place for some time, it should be communicating usable information about the process. The following series of questions will help assess whether information is being communicated and whether the information is appropriate.

A. Is the chart indicating an in- or out-of-control situation? Documented criteria that provide operators with guidelines for determining what constitutes an in- or out-of-control situation should be available. When such documentation is not present, comments such as "the process is only out of control when a point falls outside the limits" are often heard.

B. Is the process demonstrating statistical control or lack of control? The documented criteria that are in place should also be used to determine whether the process is in or out of control. If no documentation is available, operators will not be able to clearly explain why the process is or is not demonstrating statistical control.

C. Are out-of-control situations being investigated? Not all processes are perfect; many charts will contain points that indicate out-of-control situations. Operators should document, preferably on the chart itself, what action is being taken in response to these out-of-control points. The documentation should contain a record of the investigation pursued to determine the nature of the problem, its assignable cause, and if applicable, how the problem was resolved.

D. Is the process doing what it is supposed to do? When a well-designed control chart is being used, it provides operators with the information they need to manufacture high-quality products (or take good measurements, etc.). If the chart is tracking an insignificant variable, it won't contribute to process quality. If it won't help control your process, don't chart it; find a variable that will help and chart that one instead. Ask operators how they are using the control charts they are producing.

E. Are there specifications? Many processes will have specs that must be met. Operators need to know about all specs, whether they be manufacturing specs, release specs, or customer specs. Check to see if all specs are current and documented. Ask the operators whether there are relationships between the specs and the control chart limits.

F. What is the capability of the process being charted? If the process is operating in a state of control, the capability is the variation inherent in the process. The many types of measures and indexes used today provide a relationship between specifications and control limits. How well do you understand what the process is capable of?

G. If the process is not in control, what is being done to determine the cause? A flowchart or other type of guideline should be available to operators. It should provide them with a series of steps to follow in the event of a problem.

H. Have enough data been plotted to be able to draw conclusions about the process from the control charts? If there is an adequate amount of data, is it being fully utilized? The data from the charts can be analyzed, and other information can be extracted, such as day-to-day variability statistics, lab-to-lab comparisons, and correlations between factors relating to the process.

VI. Continued use

This final section takes aim at ongoing use of the control chart system.

A. Determine the status of the control chart system. A control chart should be a dynamic part of a process. Look for extended runs and other signs that indicate that operators are just going through the motions.

B. Review control limits. Intelligent use of control charts translates into periodic review and revision (if necessary) of the limits. The review and revision should be done by the individuals responsible for the design, implementation, and use of the chart. Maintain records showing the data and calculations used.

C. Review specifications. Specifications also need periodic review and revision. There should be documentation to show that specs have been reviewed. Only modify specs when necessary.

D. Review process actions. One goal of maintaining a control chart is to provide information about the process to those responsible for it. As a result of that information, action on the process should be taken when it is indicated by the charts. Examples might be tightening limits after the charts have demonstrated reduced variability, changing suppliers, or reducing the number of suppliers. Find out whether any significant changes have been made to the process as a result of anomalies from a chart.

E. Determine the worthiness of the control chart system. Ask those involved with the process whether the control chart system is worthwhile. Although this question is usually answered indirectly during the audit, their answers to this question can be fascinating.

An important approach

To some, developing a checklist might seem to be an intuitively obvious approach to monitoring control charts. But keep in mind that, for the inexperienced control chart user, not all of the items presented will be straightforward. Indeed, some items can be rather complicated. By using a structured audit process, an auditor will be able to test the development sequence that was used and identify weak spots for further training. Questions raised during the audit can then be pursued using other resources.

Reference

1. Eugene L. Grant and Richard S. Leavenworth. *Statistical Quality Control*, fifth edition (New York, NY: McGraw-Hill Book Company 1980)

Michael J. Boccacino is a quality assurance engineer at Eastman Kodak Company in Rochester, NY. He received a master's degree in applied and mathematical statistics from the Rochester Institute of Technology in Rochester, NY. Boccacino is an ASQC senior member, certified quality auditor, and certified quality engineer.

What did you think about this article?

Quality Progress needs your feedback. On the postage-paid reader service card inserted toward the back of this magazine, please circle the number that corresponds with your opinion of the preceding article.	Excellent	Circle #357
	Good	Circle #358
	Fair	Circle #359
	Poor	Circle #360

ANALISIS DE ESTABILIDAD DEL PROCESO
(¿ PROCESO ESTABLE?)

n =

m =

LOCALIZACION

$$\sum_{j=1}^m x_j =$$

$$\bar{x} = \frac{\sum \bar{x}_j}{m} =$$

$$\hat{\mu} = \bar{x}$$

DISPERSION

$$\sum_{j=1}^m R_j =$$

$$\bar{R} = \frac{\sum R_j}{m} =$$

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} =$$

DIAGRAMAS DE CONTROL PRELIMINARES

DIAGRAMA \bar{x}

$$\hat{\mu}_{\bar{x}} = \hat{\mu} = \bar{x} =$$

$$\hat{\sigma}_{\bar{x}} = \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{n}} =$$

$$LC = \hat{\mu}_{\bar{x}} =$$

$$LSC = \hat{\mu}_{\bar{x}} + 3\hat{\sigma}_{\bar{x}} =$$

$$LIC = \hat{\mu}_{\bar{x}} - 3\hat{\sigma}_{\bar{x}} =$$

DIAGRAMA R

$$LC = \bar{R} =$$

$$LSC = D_4 \bar{R} =$$

$$LIC = D_3 \bar{R} =$$

USO DE REGLAS DE WEST

(Verificación de estabilidad)

DIAGRAMA \bar{X}

REGLA	SUBGRUPOS QUE LA VIOLAN
R1 (1/1, FL)	
R2 (2/3, A)	
R3 (4/5, B)	
R4 (8/8, C)	

DIAGRAMA R

REGLA	SUBGRUPOS QUE LA VIOLA
R1 (1/1, FL)	
R2 (2/3, A)	
R3 (4/5, B)	
R4 (8/8, C)	

SI SE VIOLA 1 O MAS REGLAS,
EN CUALQUIERA DE LOS DIAGRAMAS,

EL PROCESO ES INESTABLE

EL PROCESO ES ESTABLE

SI EL PROCESO ES INESTABLE,

ANALICE LAS CAUSAS ASIGNABLES.

SI SE IDENTIFICAN LAS CAUSAS,

ELIMINE EN AMBOS DIAGRAMAS

LOS SUBGRUPOS CORRESPONDIENTES Y RECALCULE

SI EL PROCESO ES ESTABLE

• USE LOS DIAGRAMAS DE CONTROL

• EFECTIVAMENTE, $\hat{\mu}_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}}$ Y $\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2}$

• PUEDE EVALUARSE LA CAPACIDAD DEL PROCESO

CAPACIDAD DE UN PROCESO

ANALISIS DE LA CAPACIDAD DE UN PROCESO (PROCESS CAPABILITY ANALYSIS)

ESTUDIO QUE SE REALIZA SOBRE UN PROCESO CON EL OBJETIVO DE EVALUAR LA MANERA EN LA QUE EL PRODUCTO QUE GENERA SATISFACE LAS EXPECTATIVAS DEL USUARIO DEL PRODUCTO.

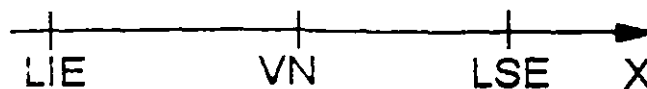
ESPECIFICACIONES

CONJUNTO DE REQUERIMIENTOS A LOS QUE UN PRODUCTO O SERVICIO SE DEBE CONFORMAR.

- DEBEN REFLEJAR LAS EXPECTATIVAS DE LOS USUARIO RESPECTO A LAS CARACTERISTICA DE CALIDAD DEL PRODUCTO.
- SE DEBEN PLASMAR EN UN DOCUMENTO.

UNA ESPECIFICACION (REQUERIMIENTO IMPUESTO SOBRE UNA CARACTERISTICA DE CALIDAD) SE EXPRESA EN TERMINOS DE:

- VALOR NOMINAL.
- LIMITES DE LA ESPECIFICACION.



Dispersion permisible

EVALUACION DE LA CAPACIDAD DE UN PROCESO

PUEDE HACERSE A TRAVES DE:

- PORCENTAJE DE PIEZAS CONFORMANTES.
- INDICES DE LA CAPACIDAD DEL PROCESO.

EVALUACION DE LA CAPACIDAD DE UN PROCESO: USO DE FRECUENCIAS OBSERVADAS

CONSISTE EN DETERMINAR EL PORCENTAJE DE PIEZAS CONFORMANTES A PARTIR DEL PORCENTAJE OBSERVADO DE UNIDADES DE PRODUCTO QUE SATISFACEN LAS ESPECIFICACIONES:

CAPACIDAD = % OBSERVADO DE PIEZAS DENTRO DE ESPECS

EJEMPLO

SE DESEA EVALUAR LA CAPACIDAD DE UN PROCESO QUE GENERA UN CIERTO PRODUCTO. LAS ESPECIFICACIONES DE LA CARACTERISTICA DE CALIDAD X SON 30 ± 4 .

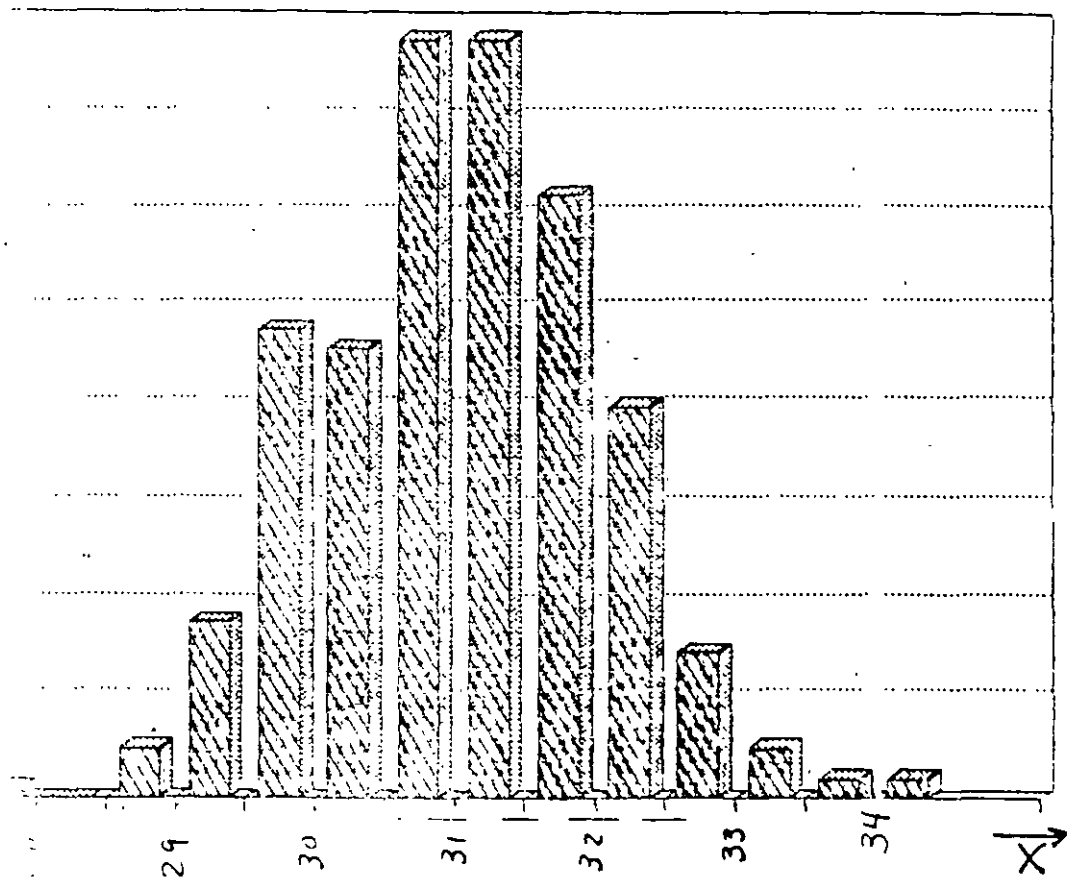
SE HAN OBSERVADO 100 SUBGRUPOS DE TAMAÑO 4. SE TIENE QUE

$\sum_{j=1}^m \bar{X}_j = 12,409.56$ Y $\sum_{j=1}^m R_j = 807.56$. LOS DIAGRAMAS DE CONTROL

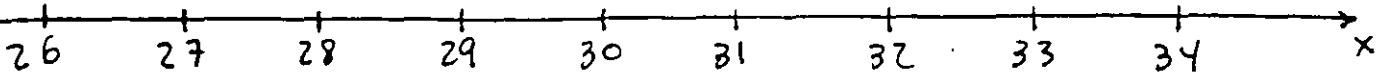
CORRESPONDIENTES INDICAN QUE *EL PROCESO ES ESTABLE*.

SE PRODUJERON 398 PIEZAS FUERA DE ESPECIFICACIONES.

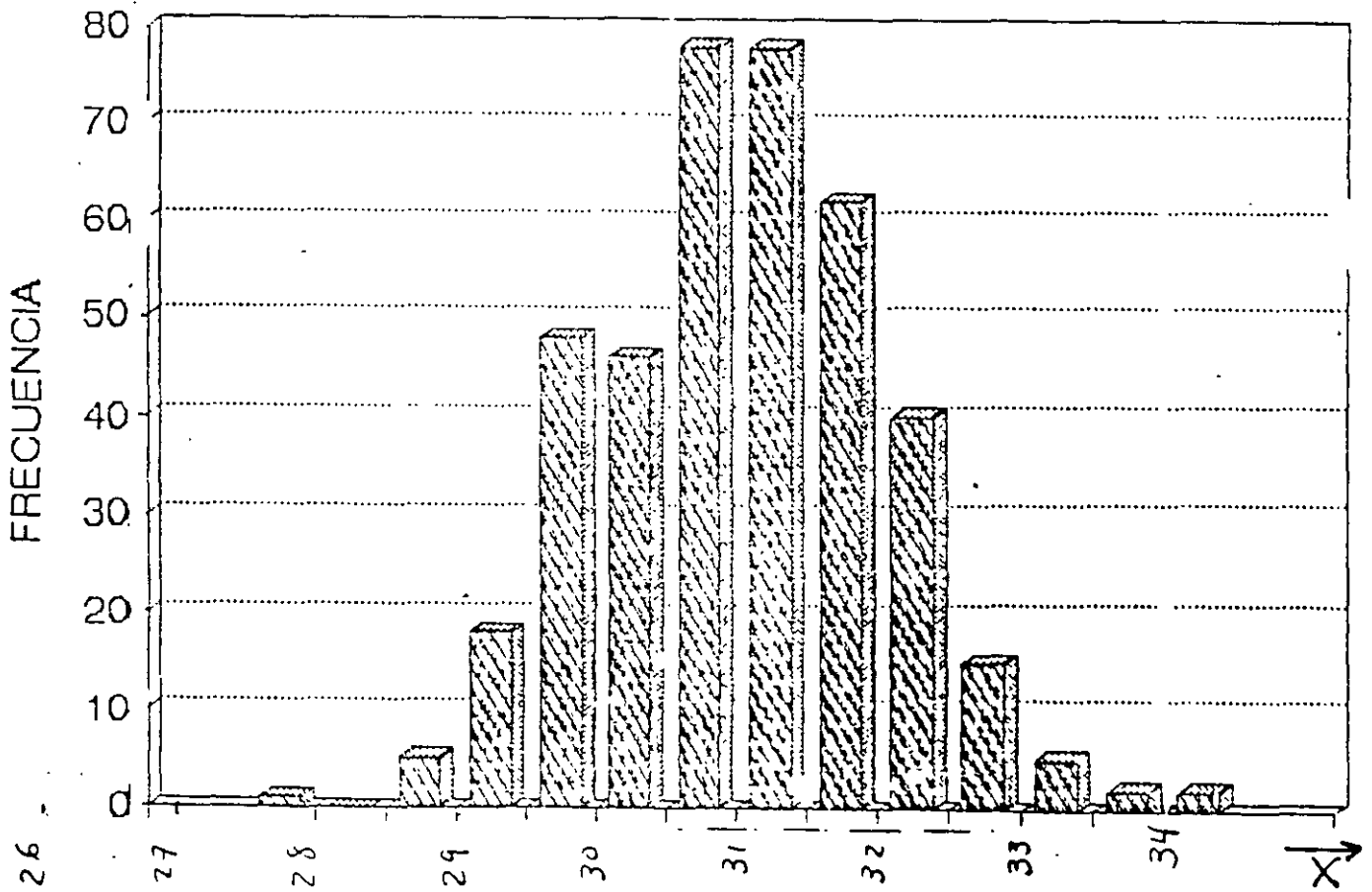
HISTOGRAMA PARA LOS 400 DATOS SE MUESTRA EN LA SIGUIENTE FIGURA.



ESPECIFICACIONES



PROCESO



EVALUACION DE LA CAPACIDAD DE UN PROCESO: USO DE DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

CONSISTE EN DETERMINAR EL PORCENTAJE DE PIEZAS CONFORMANTES A PARTIR DEL AJUSTE DE UNA DETERMINADA DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD.

$$\text{CAPACIDAD} = \% \frac{\text{ESTIMADO DE PIEZAS DENTRO DE ESPECS}}{= P\{LIE \leq X \leq LS\}} \times 100\%$$

EJEMPLO

CONSIDERE EL PROCESO DEL EJEMPLO ANTERIOR:

- ESPECIFICACIONES DE X: 30 ± 4 .

- PROCESO ESTABLE (100 SUBGRUPOS DE TAMAÑO 4, $\sum_{j=1}^m \bar{X}_j =$

$$12,409.56 \text{ Y } \sum_{j=1}^m R_j = 807.56).$$

- EL HISTOGRAMA PARA LOS 400 DATOS MUESTRA QUE LA DISTRIBUCION NORMAL PUEDE MODELAR LA VARIABILIDAD DE X.

INDICE DE LA CAPACIDAD DE UN PROCESO (*PROCESS CAPABILITY INDEX*)

INDICADOR QUE COMPARA LA LOCALIZACION Y LA DISPERSION DE LA DISTRIBUCION DE LA CARACTERISTICA DE CALIDAD CON SUS ESPECIFICACIONES.

INDICES COMUNES: C_p , C_{pk} Y C_{pm} (SE HAN CONVERTIDO EN MEDIO DE COMUNICACION USADO EN LAS RELACIONES PROVEEDOR-CLIENTE). SE CARACTERIZAN POR:

- SER APLICABLES A CARACTERISTICAS DE CALIDAD CON *DISTRIBUCION NORMAL* (SU APLICACION REQUIERE *PROCESO ESTABLE*).
- SER MEDIDAS ADIMENSIONALES.
- SER MEDIDAS QUE, A MAYOR CAPACIDAD DEL PROESO, MAYOR VALOR DEL INDICE CORRESPONDIENTE.

EL INDICE C_p

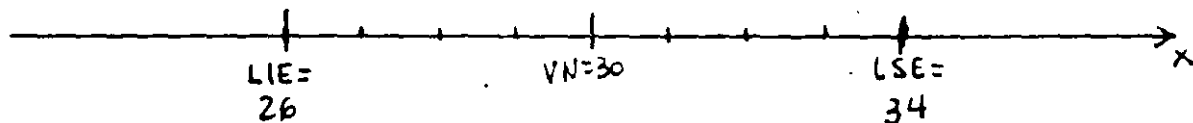
$$C_p = \frac{\text{DISPERSION PERMISIBLE (ESPECS)}}{\text{DISPERSION NATURAL DEL PROCESO}} = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$$

SE LE CONOCE TAMBIEN COMO *INDICE DEL POTENCIAL DEL PROCESO* (INDICA EL MEJOR NIVEL DE CALIDAD QUE SE PUEDE ALCANZAR SIN REALIZAR CAMBIOS FUNDAMENTALES EN EL PROCESO)

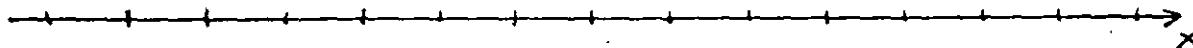
EJEMPLO

CONSIDERE UNA CARACTERISTICA DE CALIDAD CUYAS ESPECES SON 30 ± 4 . EL PRODUCTO PROVIENE DE UN PROCESO ESTABLE, NORMAL, CON $\sigma = 1$. EVALUE LA CAPACIDAD DEL PROCESO USANDO EL INDICE C_p .

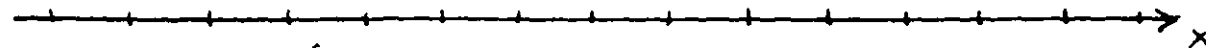
ESPECIFICACIONES



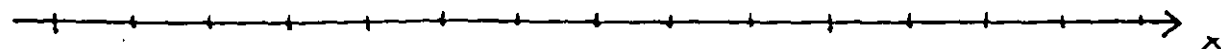
PROCESO

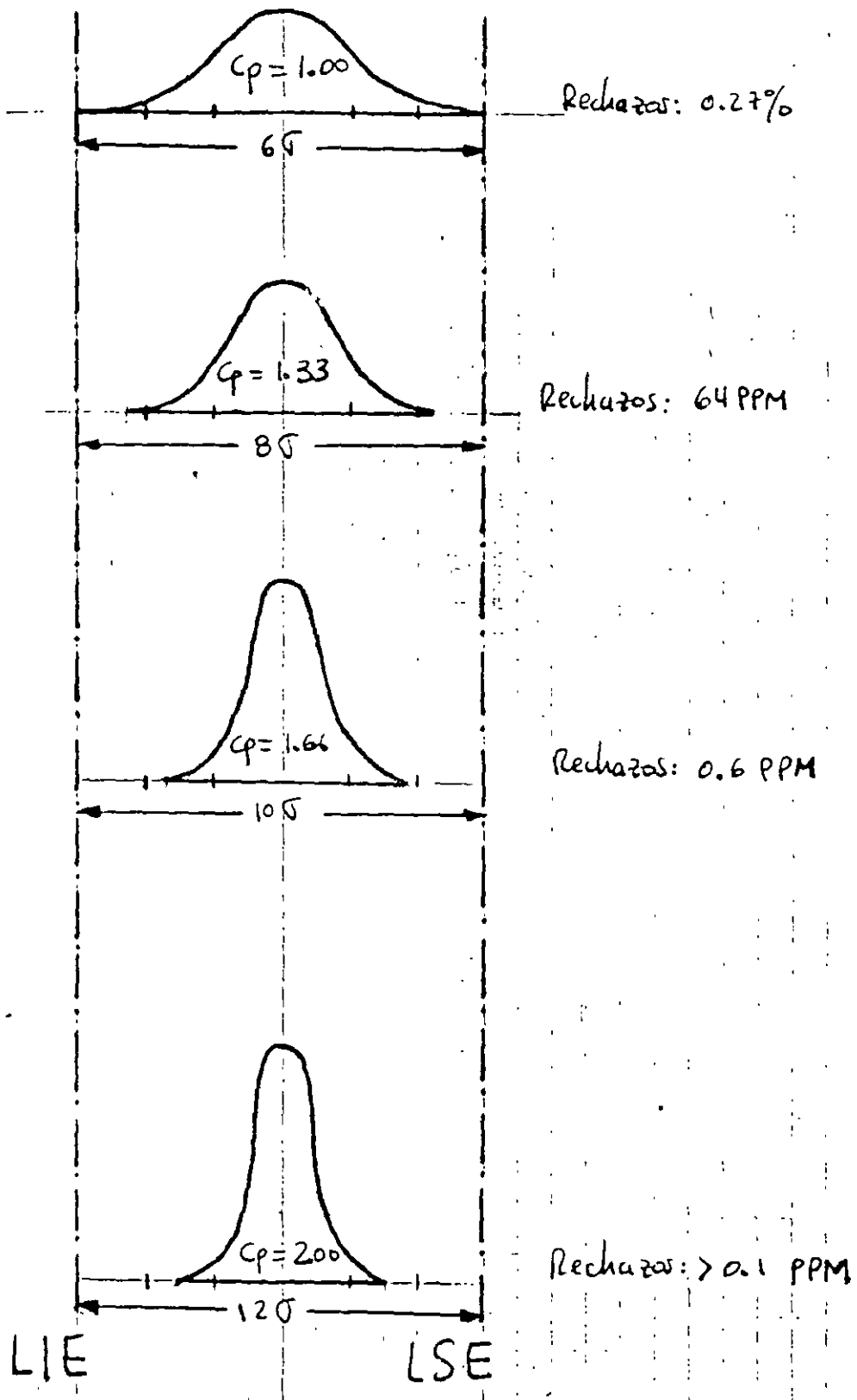


PROCESO



PROCESO





VALORES DE C_p PARA DIFERENTES DISPERSIONES

EJEMPLO

EVALUE LA CAPACIDAD DEL SIGUIENTE PROCESO USANDO EL INDICE C_p :

- ESPECIFICACIONES DE X: 30 ± 4 .

- PROCESO ESTABLE (100 SUBGRUPOS DE TAMAÑO 4, $\sum_{j=1}^m \bar{X}_j =$

$$12,409.56 \text{ Y } \sum_{j=1}^m R_j = 807.56).$$

- EL HISTOGRAMA PARA LOS 400 DATOS MUESTRA QUE LA DISTRIBUCION NORMAL PUEDE MODELAR LA VARIABILIDAD DE X.

DEBIDO AL POSIBLE ERROR MUESTRAL, CON EL FIN DE TENER UN "COLCHON DE SEGURIDAD" Y PARA ASEGURAR UNA ADECUADA CALIDAD COMPETITIVA, SE SUELE CONSIDERAR QUE UN PROCESO ES CAPAZ SI $\hat{C}_p \geq 1.33$.

EL INDICE C_{PK}

$$C_{PK} = \min \left\{ \frac{LSE - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LIE}{3\sigma} \right\}$$

CONSIDERA TANTO LA LOCALIZACION COMO LA DISPERSION DEL PROCESO. NOTE QUE:

- EL VALOR DE C_{PK} DISMINUYE CONFORME μ SE ACERCA A UNO DE LOS LIMITES DE ESPECIFICACION.
- EL VALOR DE C_{PK} AUMENTA CONFORME σ SE REDUCE.
- PARA UNA CIERTA σ , EL MAXIMO VALOR DE C_{PK} SE ENCUENTRA CUÁNDO μ ESTA EN MEDIO DE LOS LIMITES DE ESPECIFICACION.

EJEMPLO

CONSIDERE UNA CARACTERISTICA DE CALIDAD CUYAS ESPECIFICACIONES SON 30^{+4}_{-3} . EL PRODUCTO PROVIENE DE UN PROCESO ESTABLE, NORMAL, CON $\mu = 30$ Y $\sigma = 1$. EVALUE LA CAPACIDAD DEL PROCESO USANDO EL INDICE C_{PK} .

EJEMPLO

EVALUE LA CAPACIDAD DEL SIGUIENTE PROCESO USANDO EL INDICE C_{PK} :

- ESPECIFICACIONES DE X: 30 ± 4 .
- PROCESO ESTABLE (100 SUBGRUPOS DE TAMAÑO 4, $\sum_{j=1}^m \bar{X}_j = 12,409.56$ Y $\sum_{j=1}^m R_j = 807.56$).
- EL HISTOGRAMA PARA LOS 400 DATOS MUESTRA QUE LA DISTRIBUCION NORMAL PUEDE MODELAR LA VARIABILIDAD DE X.

EL INDICE C_{PM}

$$C_{PM} = \frac{LSE - LIE}{6\sqrt{(\mu - T)^2 + \sigma^2}}$$

donde T: VALOR OBJETIVO (TARGET) DE LA CARACTERISTICA DE CALIDAD

CONSIDERA TANTO LA DISPERSION DEL PROCESO COMO LA LOCALIZACION DE ESTE RESPECTO A T. NOTE QUE:

- EL VALOR DE C_{PM} DISMINUYE CONFORME μ SE "SEPARA" RESPECTO A T.
- EL VALOR DE C_{PM} AUMENTA CONFORME σ SE REDUCE.
- EL VALOR DE C_{PM} AUMENTA CONFORME LA COMBINACION (μ, σ) SE APROXIMA A (T, 0).

EJEMPLO

CONSIDERE UNA CARACTERISTICA DE CALIDAD CUYAS ESPECES SON $30 \begin{smallmatrix} +4 \\ -3 \end{smallmatrix}$. EL PRODUCTO PROVIENE DE UN PROCESO ESTABLE,

NORMAL, CON $\mu = 30$ Y $\sigma = 1$. EVALUE LA CAPACIDAD DEL PROCESO USANDO EL INDICE C_{PM}.

EJEMPLO

EVALUE LA CAPACIDAD DEL SIGUIENTE PROCESO USANDO EL INDICE C_{PM} :

- ESPECIFICACIONES DE X: 30 ± 4 ($T = 30$).
- PROCESO ESTABLE (100 SUBGRUPOS DE TAMAÑO 4, $\sum_{j=1}^m \bar{X}_j = 12,409.56$ Y $\sum_{j=1}^m R_j = 807.56$).
- EL HISTOGRAMA PARA LOS 400 DATOS MUESTRA QUE LA DISTRIBUCION NORMAL PUEDE MODELAR LA VARIABILIDAD DE X.

DIÁGRAMA DE CONTROL PARA ATRIBUTOS

DIAGRAMAS DE CONTROL PARA ATRIBUTOS

Diagramas para variables: diagramas de control que se utilizan para productos cuya calidad se refleja en características de calidad que se pueden "medir". Por ejemplo, diagramas para \bar{X} , R, I, PM, etc.

Diagramas para atributos: diagramas de control para productos cuya calidad se basa en una clasificación del producto en *conformante* (*conforming*) según las especificaciones, o *no conformante* (*non-conforming*).

USO DE DIAGRAMAS PARA ATRIBUTOS

- Clasificación de piezas "defectuosas".
- Procedimientos de inspección "pasa-no pasa".
- Productos con múltiples características de calidad medibles.

DEFINICIONES

Defecto o no conformidad: (*defective, non-conformity*) falla o no-conformidad que hace que el producto no cumpla con las especificaciones (una misma unidad de un producto puede tener varios defectos a la vez).

Defectuoso o no conformante: (*defective, non-conforming*) una unidad de producto o artículo con uno o más defectos.

Número de defectuosos: (*number of defectives*) en una muestra con n especímenes, el número d de especímenes defectuosos.

Número de defectos: (*number of defects*) número total c de defectos encontrados en todos los especímenes de una muestra de tamaño n .

Fracción o proporción defectuosa: (*fraction, proportion defective*) proporción p entre el número de especímenes defectuosos y el número total de especímenes en la muestra

$$p = \frac{d}{n}$$

DEFINICIONES OPERACIONALES

Definiciones precisas que responden a la pregunta *¿qué constituye un defecto?*

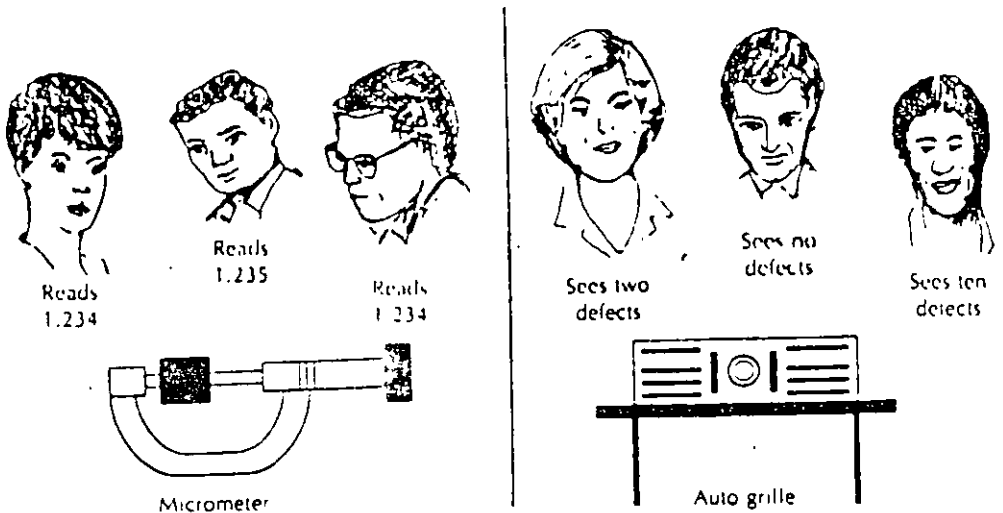


Figure 13.1 Human Variability in Attribute Quality Characterization

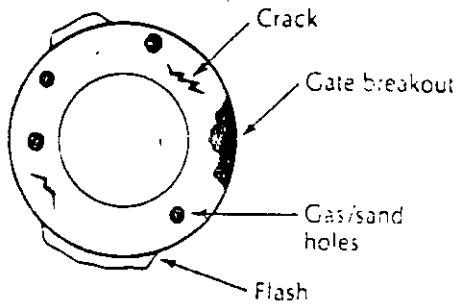
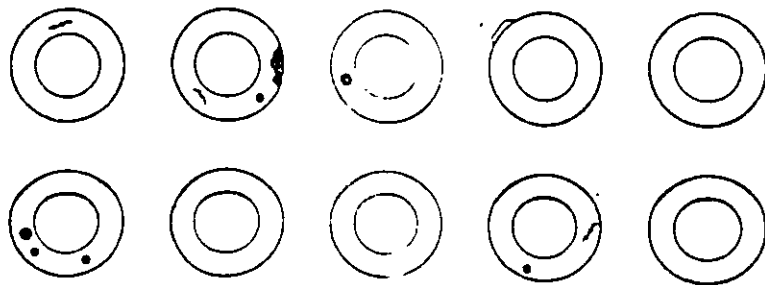


Figure 13.2 Example of Defect Identification in an Attribute Quality Characterization Situation (Engine Valve Seat Blank)



Cracks

Number of defects = .

Holes

Number of defects per =

Flash

Fraction defective = =

Gate breakout

Number of defects/unit = -- =

Figure 13.3 Example of Sample Result for Attribute Quality Characterization

DIAGRAMA DE CONTROL PARA PROPORCION DEFECTUOSA: DIAGRAMA p

Diagrama para el control de la *fracción o proporción defectuosa*.

CONSTRUCCION DEL DIAGRAMA 3-SIGMA:

$$\begin{aligned} LC &= \mu_p \\ LSC &= \mu_p + 3\sigma_p \\ LIC &= \mu_p - 3\sigma_p \end{aligned}$$

DETERMINACION DE μ_p Y σ_p

Si d : número de artículos no conformantes es $b(n,p)$

$$\Rightarrow E[d] = np \quad \sigma_d^2 = npq \quad \sigma_d = \sqrt{npq}$$

Puesto que $p = \frac{d}{n}$:

$$\mu_p =$$

$$\sigma_p^2 = \text{VAR} \left[\frac{d}{n} \right] =$$

$$\sigma_p =$$

$$LC =$$

$$LSC = \quad + 3$$

$$LIC = \quad - 3$$

IMPLANTACION DEL DIAGRAMA

1. Estime p

$$\hat{p} = \bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^m d_i}{\sum_{i=1}^m n_i}$$

m : número de subgrupos observados.

d_i : número de artículos no conformantes en subgrupo i .

n_i : tamaño del subgrupo i .

2. Determine la línea central y los límites de control

$$LC = \hat{p}$$

$$LSC = \hat{p} + 3 \sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n_i}}$$

$$LIC = \hat{p} - 3 \sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n_i}}$$

3. Para el subgrupo i , grafique la proporción defectuosa correspondiente:

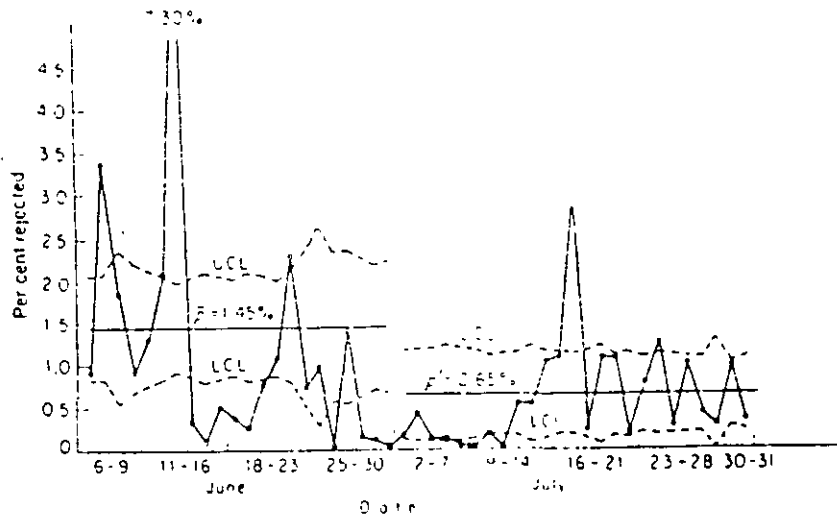
$$p_i = \frac{d_i}{n_i}$$

4. Identifique los puntos fuera de control.

TAMAÑO DE LOS SUBGRUPOS

SOLUCIONES COMUNES:

1. Calcular límites de control para cada subgrupo, mostrando dichos límites (cambiantes) en el diagrama.



2. Calcular límites de control con base en *tamaño promedio* de los subgrupos:

- Revise periódicamente el tamaño promedio
- Si el tamaño de un subgrupo difiere sensiblemente del tamaño promedio, calcule límites para ese subgrupo
- Calcule límites de un subgrupo fuera de control ; con tamaño pequeño.

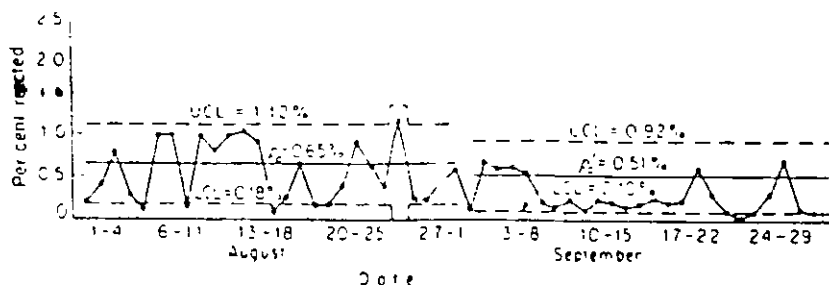


Figure 7-2 Control chart for per cent rejected--4 months' production of an electrical device.

EJEMPLO

UNA COMPAÑÍA FABRICA DIFERENTES TIPOS DE TUBOS DE RAYOS CATODICOS A ESCALA MASIVA. EL MES PASADO, EL TUBO TIPO A DIO MUCHOS PROBLEMAS. LA SIGUIENTE TABLA MUESTRA LOS DATOS OBTENIDOS DE LAS INSPECCIONES REALIZADAS 21 DIAS DEL MES PASADO. DIARIAMENTE SE INSPECCIONAN 100 UNIDADES. DETERMINE EL DIAGRAMA DE CONTROL PARA EL PROCESO.

DIA	FRACCION RECHAZADA	DIA	FRACCION RECHAZADA
1	0.22	12	0.46
2	0.33	13	0.31
3	0.24	14	0.24
4	0.20	15	0.22
5	0.18	16	0.22
6	0.24	17	0.29
7	0.24	18	0.31
8	0.29	19	0.21
9	0.18	20	0.26
10	0.27	21	0.24
11	0.31		

1. Estime \bar{p}

$$\hat{p} = \bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^m d_i}{\sum_{i=1}^m n_i} = \frac{\sum_{i=1}^m p_i}{m} = \frac{5.46}{21} =$$

2. Determine la línea central y los límites de control

$$LC = \hat{p} = 0.39159$$

Para calcular los límites de control se requiere $\hat{\sigma}_p$:

$$\hat{\sigma}_p = \sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n_i}} =$$

$$LSC = \hat{p} + 3\hat{\sigma}_p =$$

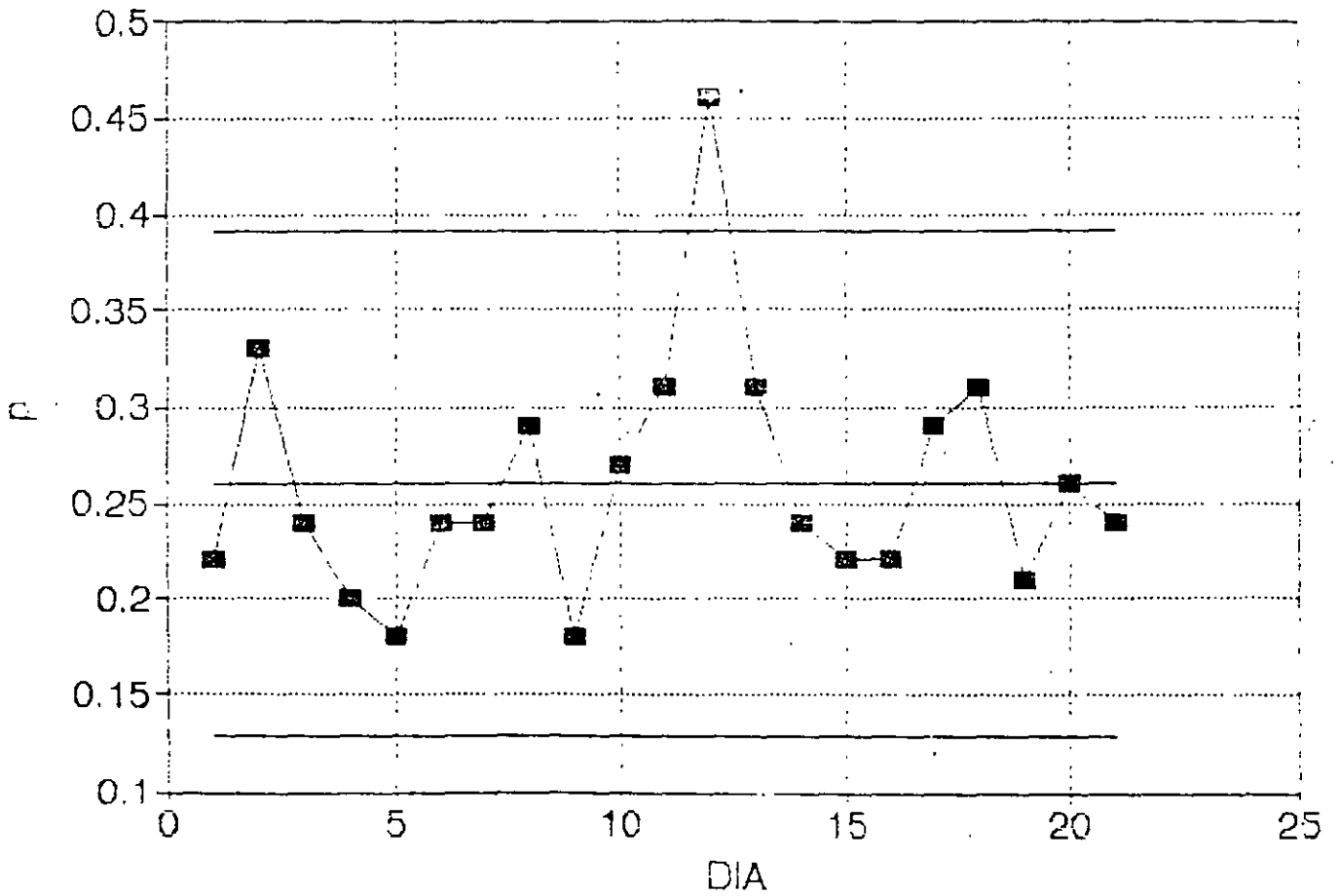
$$LIC = \hat{p} - 3\hat{\sigma}_p =$$

3. Para el subgrupo i , grafique la proporción defectuosa correspondiente:

$$p_i = \frac{d_i}{n_i}$$

4. Identifique los puntos fuera de control.

DIAGRAMA p



EJEMPLO

UN PRODUCTO SE ESTA INSPECCIONANDO CADA HORA AL 100%. LA SIGUIENTE TABLA MUESTRA LOS REGISTROS DE 16 HORAS DE INSPECCION.

HORA	UNIDADES INSPECCIONADAS	UNIDADES FUERA DE ESPECIFICACION
1	48	5
2	36	5
3	50	0
4	47	5
5	48	0
6	54	3
7	50	0
8	42	1
9	32	5
10	40	2
11	47	2
12	47	4
13	46	1
14	46	0
15	45	3
16	39	0

$$\sum_{i=1}^m d_i = 36 \qquad \sum_{i=1}^m n_i = 720$$

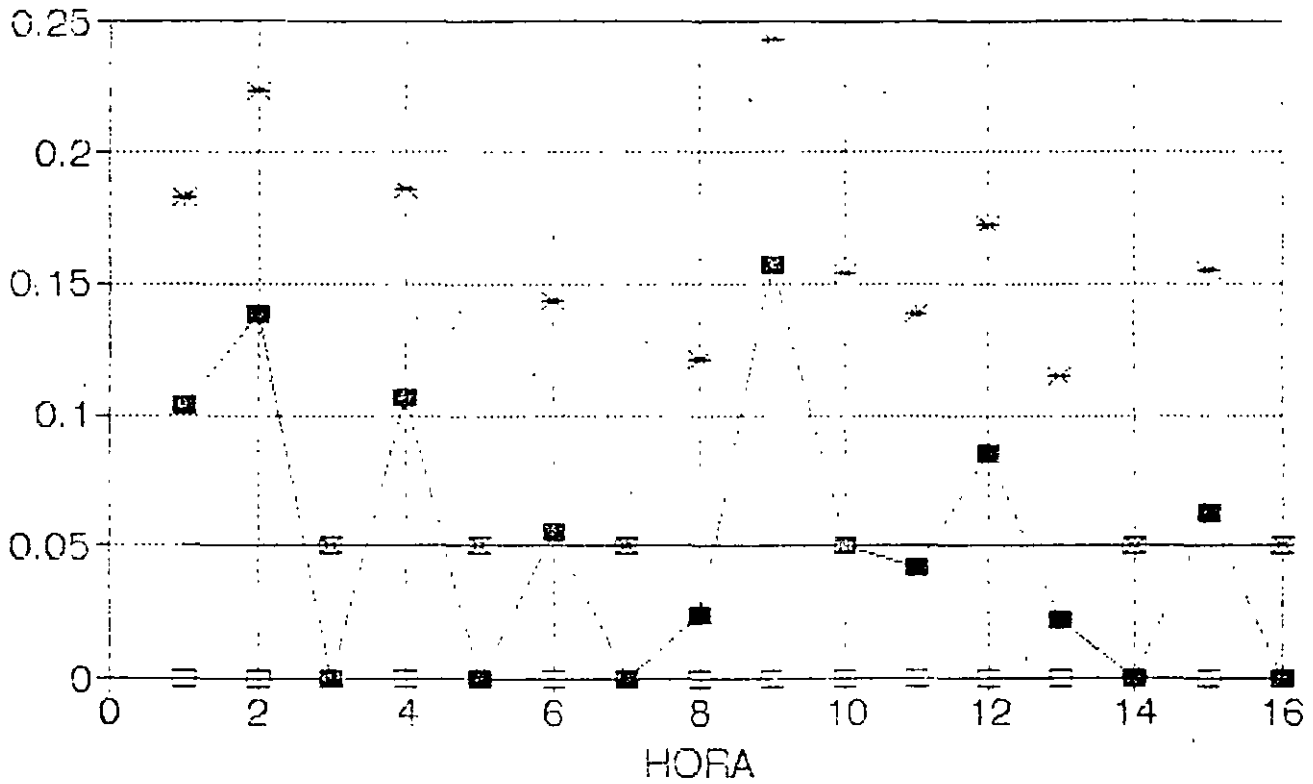
$$\hat{p} =$$

$$\hat{\sigma}_p = \sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n_1}} =$$

$$LSC = \hat{p} + 3\hat{\sigma}_p =$$

$$LIC = \hat{p} - 3\hat{\sigma}_p =$$

DIAGRAMA p



→ LSC = LIC

DIAGRAMA PARA NUMERO DE NO CONFORMANTES: DIAGRAMA np

Controla el *número d de artículos no conformantes* o defectuosos

CONSTRUCCION DEL DIAGRAMA 3-SIGMA:

$$\begin{aligned}LC &= \mu_d \\LSC &= \mu_d + 3\sigma_d \\LIC &= \mu_d - 3\sigma_d\end{aligned}$$

DETERMINACION DE μ_d Y σ_d

Si d es $b(n,p)$, entonces:

$$\mu_d =$$

$$\sigma_d^2 =$$

$$\sigma_d =$$

DIAGRAMA DE CONTROL

$$LC =$$

$$LSC = +3$$

$$LIC = -3$$

IMPLANTACION DEL DIAGRAMA

1. Estime p

$$\hat{p} = \bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^m d_i}{\sum_{i=1}^m n_i}$$

m : número de subgrupos observados.

d_i : número de artículos no conformantes en subgrupo i .

n_i : tamaño del subgrupo i .

2. Determine la línea central y los límites de control

$$LC = n\hat{p}$$

$$LSC = n\hat{p} + 3\sqrt{n\hat{p}(1 - \hat{p})}$$

$$LIC = n\hat{p} - 3\sqrt{n\hat{p}(1 - \hat{p})}$$

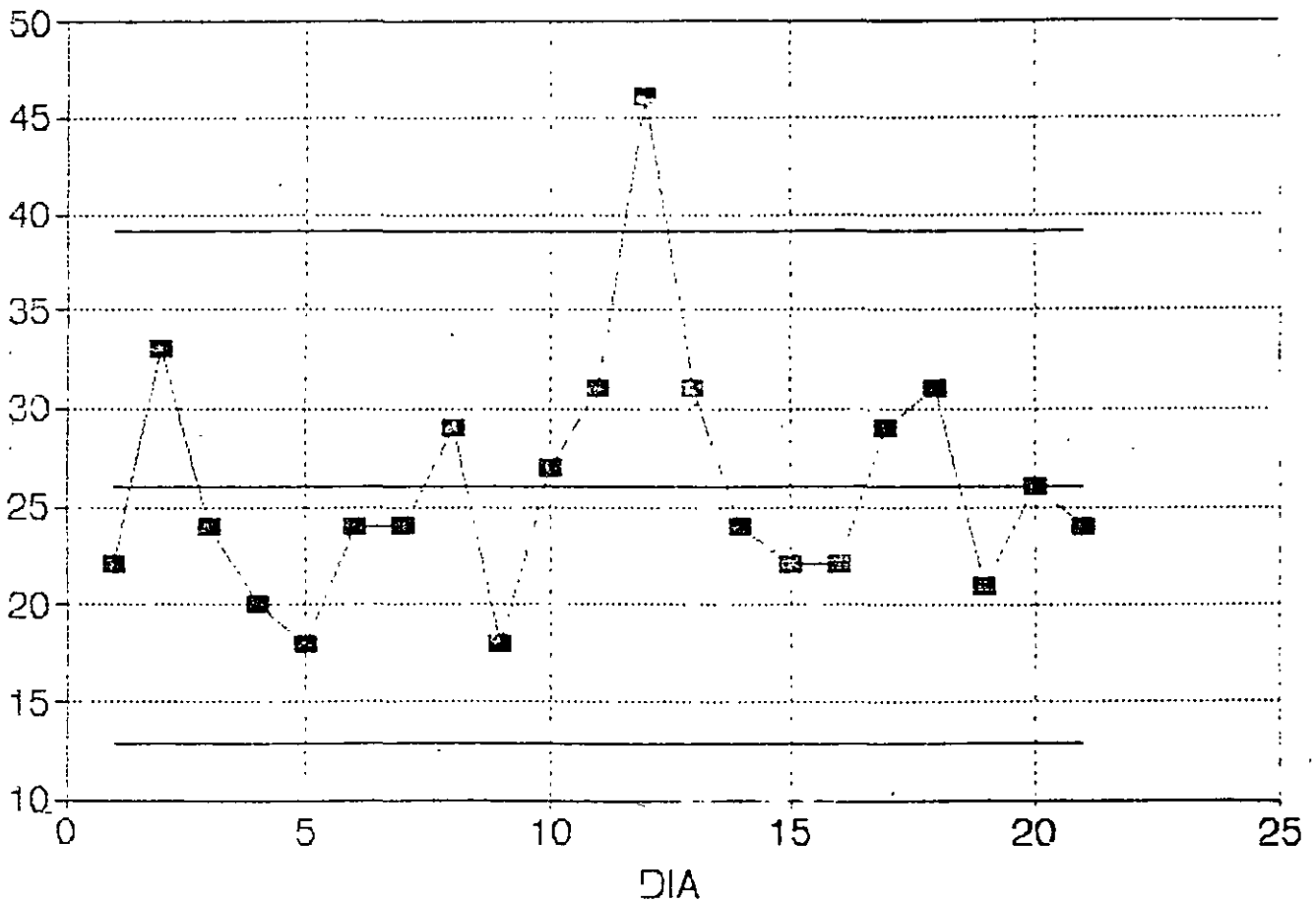
3. Para el subgrupo i , grafique el número de artículos defectuosos correspondiente:

$$d_i$$

4. Identifique los puntos fuera de control.

(EJEMPLO ANTERIOR)

DIAGRAMA np



SELECCION ENTRE DIAGRAMA p Y DIAGRAMA np .

SIMILITUDES

1. Tanto el diagrama p como el np suponen una distribución binomial.
2. Ambos diagramas son similares, excepto por una escala diferente en el eje de la y ($1/n$).

CRITERIOS DE SELECCION

- Si los subgrupos tienen tamaños diferentes, use el diagrama p .
- Si los subgrupos tienen tamaños idénticos, use cualquiera de los diagramas.

VENTAJAS DE USAR EL DIAGRAMA np

1. Ahorro de un cálculo por cada uno de los subgrupos (división de d_i entre n para obtener p).
2. Mejor comprensión por parte del personal usando los diagramas.

DIAGRAMA DE CONTROL PARA NUMERO DE DEFECTOS: DIAGRAMA c

Diagrama para controlar el número c de defectos o no conformidades en subgrupos de *tamaño constante*, para los cuales c es poissoniana.

$$c = \frac{\text{defectos}}{\text{subgrupo}}$$

Si el subgrupo tiene dos o más artículos, cada subgrupo debe tener:

1. El mismo tamaño.
2. La misma "área de oportunidad" (misma posibilidad de ocurrencia de defectos).

CONSTRUCCION DEL DIAGRAMA 3-SIGMA

$$LC = \mu_c$$

$$LSC = \mu_c + 3\sigma_c = \mu_c + 3\sqrt{\mu_c}$$

$$LIC = \mu_c - 3\sigma_c = \mu_c - 3\sqrt{\mu_c}$$

ESTIMACION DE c

$$\hat{c} = \bar{c} = \text{número promedio de defectos/subgrupo}$$

DIAGRAMA DE CONTROL

$$LC = \bar{c}$$

$$LSC = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$$

$$LIC = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$$

EJEMPLO

LA SIGUIENTE TABLA MUESTRA EL NUMERO DE REMACHES FALTANTES EN AVIONES REPORTADOS POR EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO DE UN AEROPUERTO

AVION	REMA CHES	AVION	REMA CHES	AVION	REMA CHES
201	8	210	12	218	14
202	16	211	23	219	11
203	14	212	16	220	9
204	19	213	9	221	10
205	11	214	25	222	22
206	15	215	15	223	7
207	8	216	9	224	28
208	11	217	9	225	9
209	21				

ANALICE EL PROCESO

ESTIMACION DE c

$\hat{c} = \bar{c}$ = número promedio de defectos/subgrupo

$$\hat{c} = \bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^m d_i}{m} =$$

DIAGRAMA DE CONTROL

$$LC = \bar{c} =$$

$$LSC = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$$

$$LIC = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$$

DIAGRAMA C

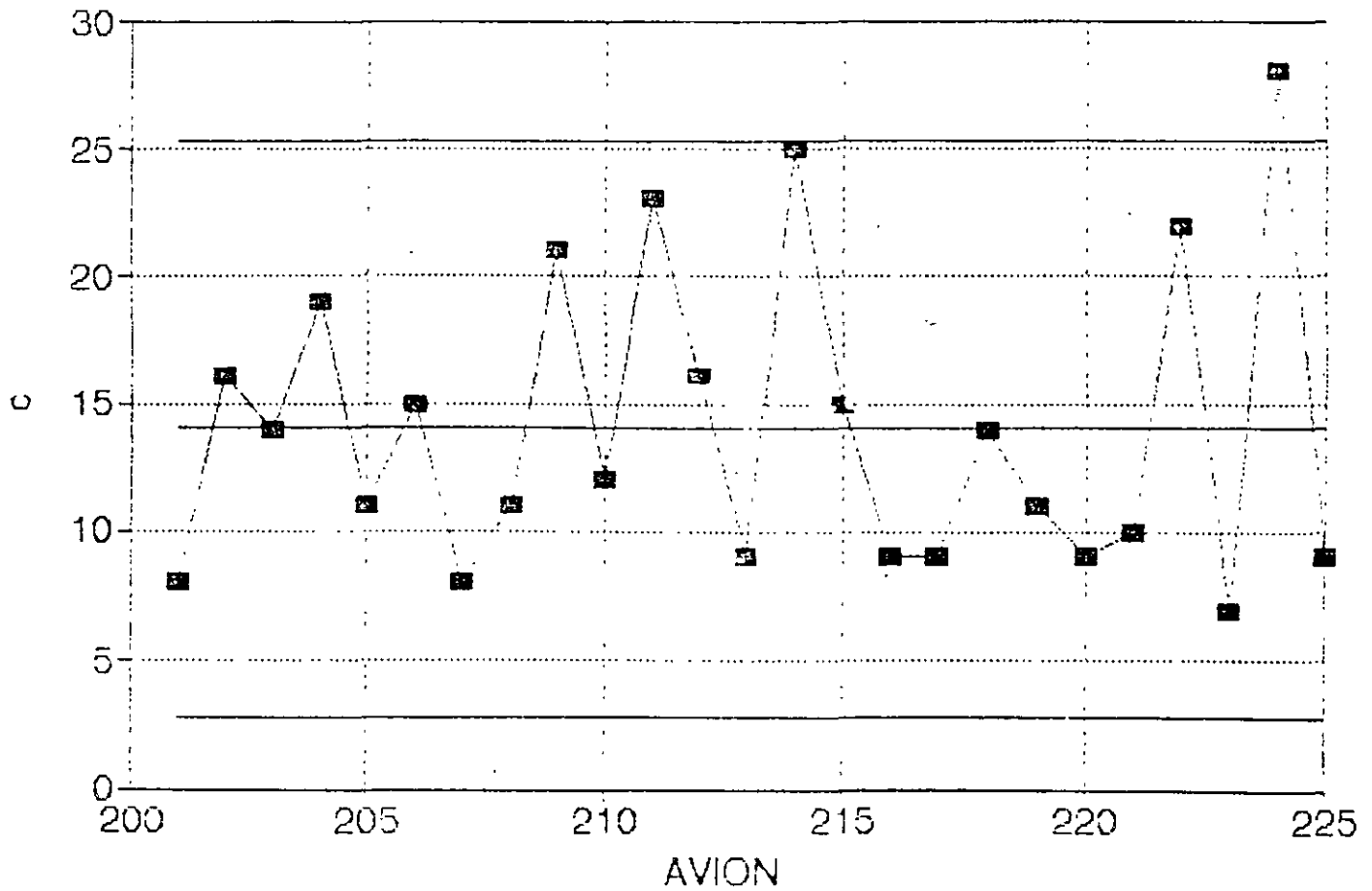


DIAGRAMA DE CONTROL PARA NUMERO DE DEFECTOS POR UNIDAD: EL DIAGRAMA u

Se usa para controlar el número de defectos por unidad, cuando hay cambio evidente en el área de oportunidad. Requiere definir una medida estándar u del área de oportunidad:

$$u = \frac{c}{n}$$

c : número de defectos en un subgrupo.
 n : "tamaño" del subgrupo.

CONSTRUCCION DEL DIAGRAMA 3-SIGMA

$$LC = \mu_u$$

$$LSC = \mu_u + 3\sigma_u = \mu_u + 3\frac{\sqrt{\mu_u}}{\sqrt{n_i}}$$

$$LIC = \mu_u - 3\sigma_u = \mu_u - 3\frac{\sqrt{\mu_u}}{\sqrt{n_j}}$$

ESTIMACION DE μ_u

$$\hat{\mu}_u = \bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^m c_i}{\sum_{i=1}^m n_i} = \frac{\text{no. total de defectos}}{\text{no. total de unidades}}$$

DIAGRAMA DE CONTROL

$$LC = \bar{u}$$

$$LSC = \bar{u} + 3 \frac{\sqrt{\bar{u}}}{\sqrt{n_i}}$$

$$LIC = \bar{u} - 3 \frac{\sqrt{\bar{u}}}{\sqrt{n_i}}$$

EJEMPLO

LA SIGUIENTE TABLA MUESTRA EL NUMERO DE DEFECTOS ENCONTRADOS EN DIFERENTES DIAS EN UNA EMPRESA TEXTIL. OBSERVE QUE LA PRODUCCION DIARIA (EN ROLLOS DE TELA) VARIA. DETERMINE EL DIAGRAMA DE CONTROL CORRESPONDIENTE

DIA	ROLLOS	DEFEC-TOS	DIA	ROLLOS	DEFEC-TOS
1	20	27	6	22	31
2	20	23	7	23	37
3	20	30	8	33	29
4	21	28	9	23	36
5	22	29	10	21	27

ESTIMACION DE μ_u

$$\hat{\mu}_u = \bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^m c_i}{\sum_{i=1}^m n_i} = \frac{\text{no. total de defectos}}{\text{no. total de unidades}} =$$

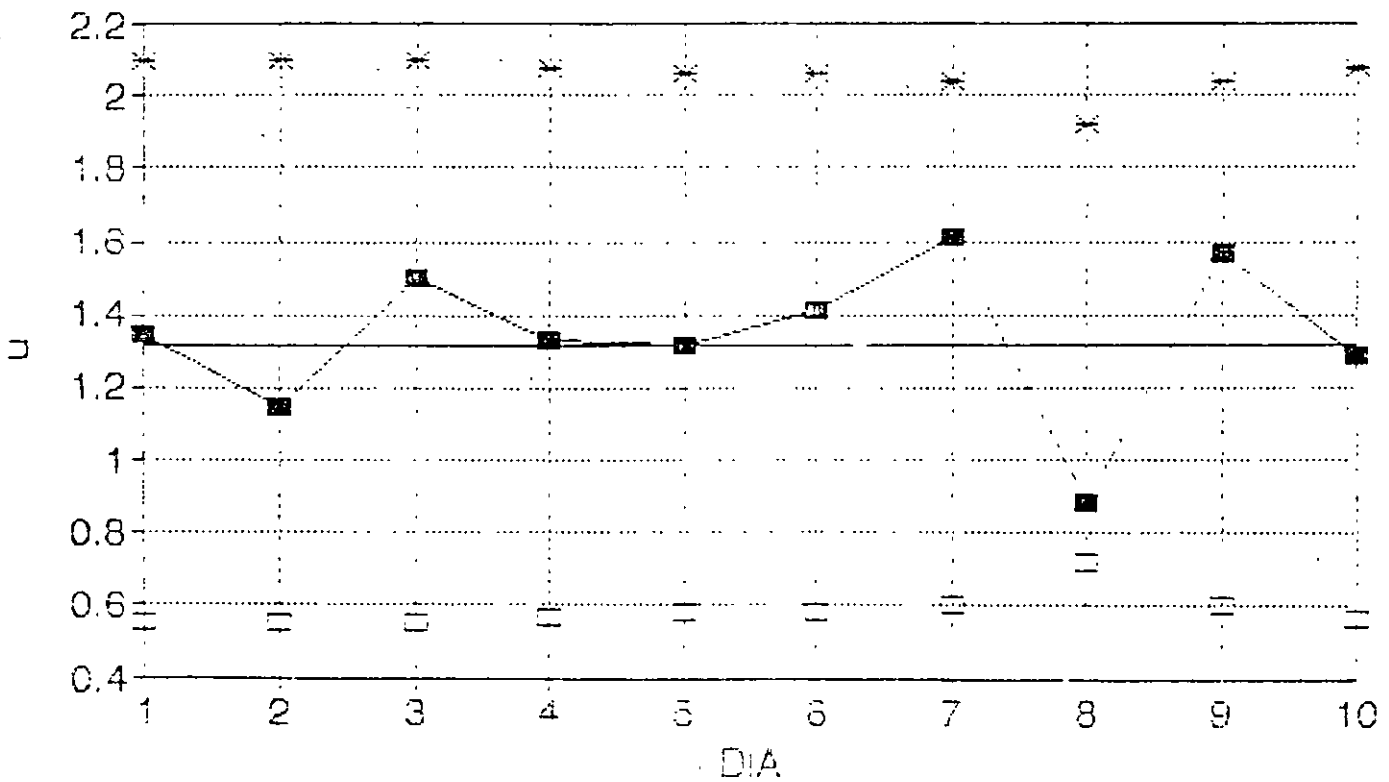
DIAGRAMA DE CONTROL

$$LC = \bar{u} =$$

$$LSC = \bar{u} + 3 \frac{\sqrt{\bar{u}}}{\sqrt{n_i}} =$$

$$LIC = \bar{u} - 3 \frac{\sqrt{\bar{u}}}{\sqrt{n_i}}$$

DIAGRAMA u



* LSC = LIC

Flowchart Simplifies Decision About Which Control Chart to Use

by Jill A. Swift

With the increased awareness of quality in the workplace, more and more people are being introduced to control charts. Many people want to use them but are uncertain about which one to use. In the past, the decision about which control chart to use was made by those experienced in such matters; now, however, those inexperienced in selecting control charts can make this decision themselves by using the flowchart in Figure 1.

Several different types of flowcharts currently exist to help people decide which control chart is appropriate for a particular situation, but the flowchart in Figure 1 has several distinguishing features.

- It is simple and easy to use
- Only a basic understanding of statistics is required
- All levels of personnel can use and, more important, understand it.

The flowchart in action

Here are three examples of how to use the flowchart:

Example 1: A manufacturer of crystal stemware wants to set up a control chart at

the intermediate inspection station. Defects in workmanship and visual quality features are checked at this inspection station before the stemware is sent to the cutter station. The manufacturer wants charts prepared daily. The amount of stemware produced by the glassblowers per day varies.

Solution: Counted data → defects → sample size varies → *u* chart

Example 2: An independent contractor wants to track the number of bad and unusable products received from a particular supplier. Various product shipments are received once a week.

Solution: Counted data → unusable (defective) → sample size varies → *p* chart

Example 3: A line foreman needs to keep track of the shaft lengths being cut to ensure that the customer's specifications are met. There are 250 shaft lengths cut per hour. Since one of the line workers will be responsible for collecting and measuring the hourly sample, the sample size needs to be kept below 8.

Solution: Measured data → sample size > 1 → sample size < 10 → *X* bar and *R* charts

An effective tool

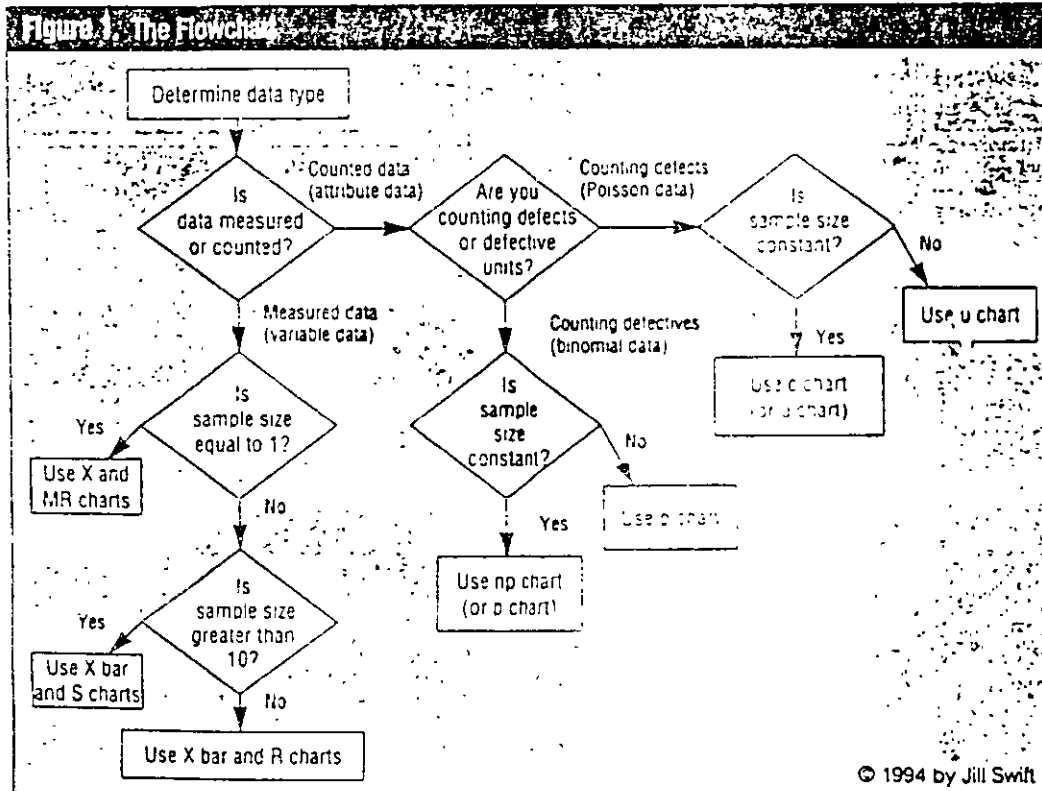
As the examples show, the flowchart is simple to use and understand. Many people have already successfully used it to integrate control charts into the work environments.

Jill A. Swift is an assistant professor in the Industrial Engineering Department at the University of Miami in Florida. She received a doctorate in industrial engineering from Oklahoma State University in Stillwater. Swift is an ASQC member and certified quality engineer.

Share Your Good Idea

Quality Progress readers need good ideas. If you have developed a new quality tool or technique or a unique variant to an existing one, submit a paper on how it works. Please include measurable results that prove the tool or technique is indeed a good one. Submissions should be typewritten, double-spaced, and no more than three pages long. Be sure to provide your name, address and telephone number. Any questions about the column should be directed to:

Karen Bemowski
ASQC/Quality Progress
P.O. Box 3005
Milwaukee, WI 53201-3005
800-248-1946 or
(414) 272-8575



What did you think about this article?

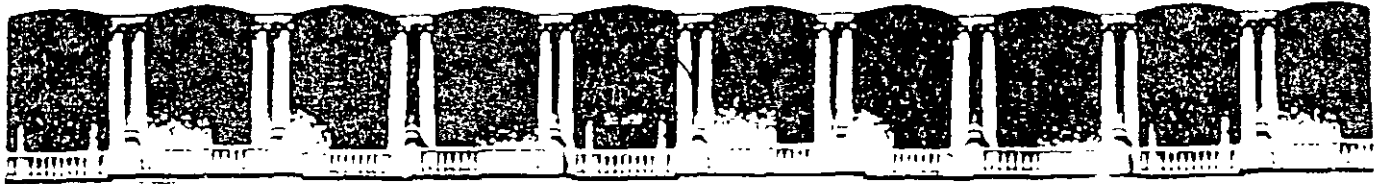
Quality Progress needs your feedback. On the postage-paid reader service card inserted toward the back of this magazine, please circle the number that corresponds with your opinion of the preceding article.

Excellent	Circle #377
Good	Circle #378
Fair	Circle #379
Poor	Circle #380

Coming in
November:

Annual Salary Survey of ASQC Members

Anyone can answer the question, "How much am I paid?" but only with the help of *Quality Progress'* detailed salary survey can you accurately compare your answer with those of other ASQC professionals.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO DE INGENIERIA DE
PRODUCCIÓN**

MODULO I: DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCION

TEMA

SISTEMAS DE CODIFICACION

**EXPOSITOR: M. EN I. SILVINA HERNANDEZ GARCIA
PALACIO DE MINERIA
SEPTIEMBRE DEL 2000**

“ SISTEMA TOYOTA” (Puntos Clave)

Mediante la puesta en práctica de conceptos clave se logra un flujo continuo de producción adaptado a las variaciones, en cantidad y variedad de la demanda.

- Just-in-time (JIT). Significa ante todo producir las unidades necesarias, en cantidad y en el tiempo preciso.
- Autocontrol (Jidoka en japonés). Debe interpretarse como autocontrol de los defectos y sirve de soporte al concepto de producción en el momento oportuno, al impedir la entrada en el flujo; como resultado de cada proceso, de unidades defectuosas que perturbarían el proceso siguiente.
- Flexibilidad en el trabajo (Shojinka en japonés). Que supone la variación del número de trabajadores en función e las variaciones de la demanda.
- Pensamiento creativo ó Ideas innovadoras(Soifuku). Mediante el aprovechamiento de las sugerencias del personal.

¿Cuál será entonces la técnica más adecuada para la administración de la manufactura?

-Debe buscar:

- Minimizar costos.
- Simplificar operaciones
- Cumplir con los requerimientos
- La eliminación de desperdicios
- Minimizar la inversión sin poner en peligro la operación.
- Buscar ahorros globales

¿Cuál será entonces la técnica más adecuada para la administración de la manufactura?

- Casi siempre es un híbrido.
- Puede cambiar a lo largo del tiempo
- Depende del producto, la demanda y del tipo de empresa

VENTAJAS DE LOS SISTEMAS PUSH Y PULL

CARACTERÍSTICAS DE LAS FUNCIONES	SISTEMA DE EMPUJE PUSH	SISTEMA DE JALÓN PULL
Utilización de la mano de obra	Especialización de actividades, segmentos, fijos de trabajo, puestos fijos.	Orientación flexible del trabajo, producción libre de defectos, puestos variables.
Personal de apoyo	Empleo de fuerte personal de apoyo, diseño de puestos	Solución conjunta de problemas, grupos de trabajo, cambios rápidos
Orientación principal	Programas predeterminados e ininterrumpidos	Flexibilidad y simplicidad en la respuesta rápida
Maquinaria	Máquinas individuales y especializadas	Maquinaria más pequeña, más sencilla, más barata
Inventarios	Vastas existencias, grandes recorridas	Evitar el exceso de inventarios, producir sólo lo que se necesita.
Proveedores	Contratos que ofrezcan ventajas competitivas.	Relaciones estrechas con los mismos, en forma de equipo

CÁLCULO DEL NÚMERO DE TARJETAS KANBAN A EMITIR

Una de las fórmulas empleadas para calcular el número de tarjetas Kanban entre dos operaciones sucesivas conectadas es la siguiente:

Demanda promedio durante el tiempo principal + las existencias de seguridad

$$D = \frac{\text{Demanda promedio durante el tiempo principal + las existencias de seguridad}}{\text{No. de piezas transferidas en cada contenedor}}$$

No. de piezas transferidas en cada contenedor

$$N = \frac{D(TE + TP) (1 + \alpha)}{C}$$

Donde: N= Número de tarjetas.

D= Nivel de producción diario (demanda diaria en unidades)

TE= Tiempo de espera para el contenedor antes de empezar su procesamiento (decimales de día).

TP=Tiempo de procesamiento para contenedor (decimales de día).

C= Número de piezas transferidas en cada contenedor (no más de 10% de la demanda diaria).

α = Coeficiente de seguridad. Variable política no más de 10%, que refleja la eficiencia de las estaciones de trabajo.

-Un sistema *Kanban* no es para todo el mundo, funciona mejor cuando el flujo es uniforme y la mezcla de productos es estable.

-Las operaciones de preparación son cortas en todas las estaciones de trabajo, para cambiar la producción con la frecuencia que sea necesario.

-El *Kanban* no funciona bien en sistemas con muchos números de inventarios activos, por que si no, se aumentaría los inventarios y se complica el control.

Cambiando hacia un desempeño de clase mundial con producción esbelta.

- Elimina el desperdicio al enfocarse en la reducción del inventario.
- Utilizan técnicas JIT para reducir inventario y desperdicios.
- Construyen sistemas que ayudan a los empleados a producir una parte perfecta cada vez.
- Reducen los requerimientos de espacio.
- Desarrollan relaciones estrechos con los proveedores.
- Formación de proveedores.

JIT

La definición del JIT enfocada a producción es la siguiente: producir la cantidad que se necesita, utilizando el mínimo de recursos y eliminando los desperdicios en el proceso de producción.

JIT

Concretamente, el **JIT** se define como la reducción o eliminación absoluta de todo lo que signifique desperdicios en las actividades de compras, producción, distribución, y en aquellas actividades administrativas que le sirven de apoyo.

- Jit es un viaje interminable.
- Las definiciones que tienen los clientes respecto a calidad así como criterio para evaluar el producto, deben de guiar el diseño del producto y el sistema de producción.

El método JIT comprende lo siguiente:

A. Reducción de los tiempos de preparación para lograr menores lotes de producción.

B. Mayor uso de procesos de flujo secuencial tales como las líneas dedicadas al ensamble y celdas de Tecnología de Grupos.

C. Empleo incrementado de trabajadores multifuncionales.

D. Aumento en la flexibilidad del equipo y de la capacidad.

E. Incremento al mantenimiento preventivo.

F. Mayor estabilidad y consistencia en el programa.

G. Relaciones de más largo plazo con los proveedores

H. Entregas más frecuentes por parte de los proveedores.

I. Mayor apoyo técnico de los proveedores.

J. Programas que involucren a los trabajadores, tales como círculos de calidad.

K. Control estadístico de proceso.

L. La prerrogativa de parar la producción.

M. Análisis de causa y efecto.

JIT

También el JIT puede ser entendido a través de un conjunto de cambios que propone y que conllevan a una alteración radical de manera en que trabaja una empresa, estas modificaciones implican acciones encaminadas a resolver problemas, considerados estos como las causas reales de ineficiencia industrial, que se traducen como fuentes potenciales de desperdicios.

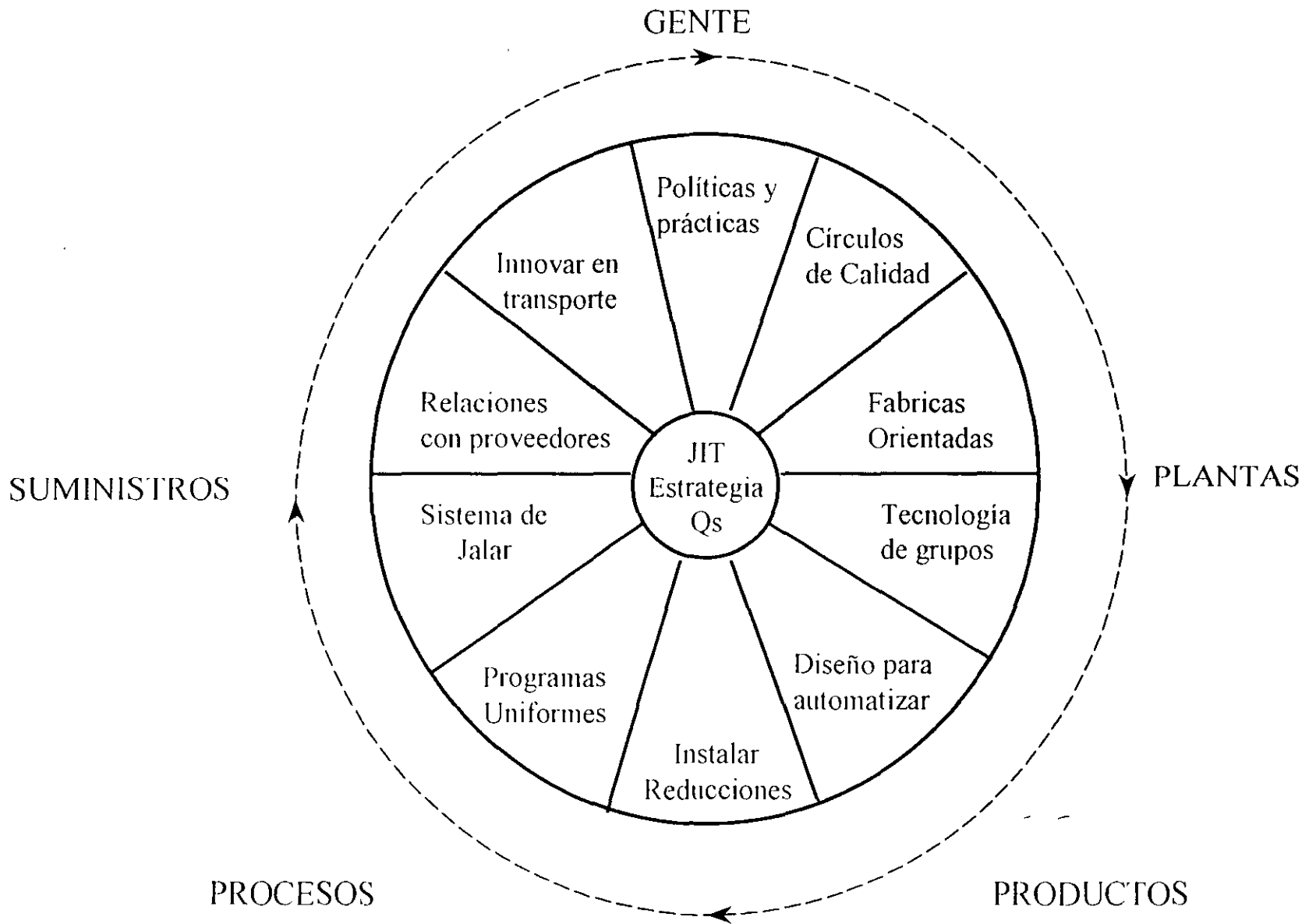
Estos cambios se denominarán como “cambios del JIT” y se en listan a continuación:

- Mejor suministro.
- Cambio en la configuración de la planta.
- La reducción de los tiempos de montaje
- El sistema de “jalar” la producción, denominado Kanban.
- El mantenimiento total.

Para lograr sus propósitos, el JIT exige calidad, y particularmente aquella que consiste en hacer hacer las cosas bien la primera vez, conocida como Calidad en el Origen.

SISTEMAS JUSTO A TIEMPO (JIT)

- Una filosofía de manufactura basada en la eliminación planeada de cualquier desperdicio y la mejora continua de la productividad. Abarca todas las actividades de manufactura, desde el diseño hasta la entrega y, enfatiza cero inventarios, cero defectos y reducción de tiempos de entrega.
- Todo desperdicio debe eliminarse.
- El inventario es un desperdicio.
- Flexibilidad en manufactura indispensable.
- Respeto y apoyo de todas las áreas.
- Integración con proveedores.
- Participación de todo el personal.
- Ejecución para identificar problemas.



Toyota ha establecido los sistemas y métodos siguientes:

- 1.- Sistema Kanban para conseguir la producción “Just in Time”.
- 2.- Método de nivelación de la producción para adaptarse a las modificaciones de la demanda.
- 3.- Reducción del tiempo de preparación para disminuir a su vez el plazo de fabricación.
- 4.- Estandarización de operaciones para conseguir el equilibrado de la cadena
- 5.- Disposición de maquinaria (distribución de planta) y polivalencia del personal según el concepto de flexibilidad del trabajo.
- 6.- Fomento de las actividades en grupos reducidos y del sistema de sugerencias para reducir la mano de obra y elevar la moral de los trabajadores (actividad de círculos de calidad).
- 7.- Sistema de control visual para la puesta en práctica del concepto de autocontrol.
- 8.- Sistema de “gestión de funciones” para promover la Calidad Total en la compañía, etc..

El sistema Kanban se apoya, en el marco del sistema Toyota de producción, en los elementos siguientes:

- Nivelado de la producción.
- Reducción del tiempo de producción.
- Distribución de planta de la maquinaria.
- Estandarización de tareas.
- Mejora de métodos.
- Autocontrol.

KANBAN

- Herramienta de información para la producción y transporte (movimiento) basada en identificadores (Kanbanes).
 - *Kanban de Transporte: especifica clase y cantidad de producto que ha sido retirada por el proceso subsecuente del proceso precedente.
 - *Kanban de Producción: especifica clase y cantidad de producto que el proceso precedente debe producir.
- No enviar productos defectuosos.
- Retirar solo lo que se necesita, y solo acompañado del Kanban.
- Producir solo la cantidad y secuencia requerida por la siguiente estación.
- Kanban es ajuste fino.
- Estabilizar y racionalizar toda la cadena.

KANBAN

En el JIT se propone una forma de operación que resulta ser totalmente contraria, la idea fue tomada de la manera como se desempeñan los supermercados americanos y consta de dos etapas.

La primera etapa, etapa de proceso, inicia cuando un cliente compra artículos, la información de la cantidad sustraída es controlada por una caja registradora.

En la segunda etapa del Kanban, el departamento de compras del supermercado utiliza los datos de la caja registradora para reponer las cantidades y las diferentes variedades de artículos vendidos. estos artículos de reposición se encuentran en los almacenes.

¿Qué es un KANBAN?

Un Kanban es una herramienta para conseguir la producción “Just in Time”. Se trata usualmente, de una tarjeta en una funda rectangular de plástico. Se utilizan principalmente 2 tipos: el Kanban de transporte y el Kanban de producción. El primero especifica el tipo y la cantidad de producto a retirar por el proceso posterior, mientras el Kanban de producción indica el tipo y la cantidad a fabricar por el proceso anterior, denominándose con frecuencia Kanban de proceso.

Kanban de Transporte

Almacén								
Estante No.	Código Artículo	Procesor Anterior						
Artículo No.								
Id Nombre								
Tipo de coche		Proceso Siguiente						
<table border="1"><tr><td>Capac. Caja</td><td>Tipo Caja</td><td>Salida No.</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>			Capac. Caja	Tipo Caja	Salida No.			
Capac. Caja	Tipo Caja	Salida No.						

Kanban de Producción

Almacén Estante No.	Código Artículo	Proceso
Artículo No.		
Id Nombre		
Tipo de coche		

REGLAS DEL KANBAN

Regla I.- El proceso posterior recogerá del interior los productos necesarios en las cantidades precisas del lugar y el momento oportuno.

Regla II.- El proceso precedente deberá fabricar sus productos en las cantidades recogidas por el proceso siguiente.

Regla III.- Los productos defectuosos nunca deben pasar al proceso siguiente.

Regla IV.- En número de Kanban debe minimizarse.

Regla V.- El Kanban habrá de utilizarse para lograr la adaptación a pequeñas fluctuaciones de la demanda (Ajuste de la producción mediante Kanban).

Una *restricción* es cualquier elemento que impida al sistema alcanzar la meta de ganar más dinero.

Cada empresa tiene cuando menos una restricción de lo contrario, podría ganar cantidades ilimitadas de dinero.

TIPOS DE RESTRICCIONES

- *De mercado*
- *De materiales*
- *De capacidad*
- *Logísticas*
- *Administrativas*
- *Conductuales*

TIPOS DE RESTRICCIONES

- *Restricciones de mercados:* El Factor crítico que impulsa a cualquier planta manufacturera es la demanda del mercado, que determina los límites del rendimiento específico dentro de los cuales debería funcionar la empresa.

TIPOS DE RESTRICCIONES

- *Restricciones de Materiales:* Si no se cuenta con los insumos necesarios, se debe cerrar el proceso de manufactura. Los administradores han conocido este axioma desde que empezaron los trabajos de producción.

TIPOS DE RESTRICCIONES

- *Restricciones de capacidad:* Existen dos factores muy importantes que influyen directamente en la capacidad de una planta para mantener el flujo de producción deseado en una forma uniforme y oportuna.

TIPOS DE RESTRICCIONES

- *Restricciones lógicas:* Cualquier restricción inherente al sistema de planeación y control de la manufactura utilizando en la empresa, se cataloga como una restricción logística. El efecto primario de este tipo de restricción es que actúa como un lastre para el flujo uniforme de los artículos a través del sistema.

TIPOS DE RESTRICCIONES

- *Restricciones administrativas:* Son las estrategias y políticas de la empresa implantadas por la dirección, y que perjudican todas las decisiones relacionadas con la manufactura.

TIPOS DE RESTRICCIONES

- *Restricciones conductuales:* Hasta cierto grado, las empresas se pueden caracterizar por las actitudes y conducta de su fuerza de trabajo. En el momento en el cual se ejerciten conductas que vayan en contra de los principios de la manufactura sincrónica, estas conductas se vuelven una restricción para el sistema.

Recurso restrictivo de la capacidad

- Cualquier recurso que, si no se programa o maneja en la forma correcta, probablemente ocasione que el flujo real del producto planeado a través de la planta se desvíe del flujo del producto.

EL CONCEPTO DEL SISTEMA TAMBOR-AMORTIGUADOR-CUERDA PARA LA SINCRONIZACIÓN. (TAC)

- A fin de que en una planta manufacturera se puedan lograr los beneficios de una operación sincrónica, se necesita un control logístico que sea manejable y que produzca un comportamiento predecible.

Definición de los elementos de TAC

- Desde el punto de vista del desarrollo de planes de producción buenos y manejables, las restricciones críticas en una planta manufacturera son: demanda del mercado, y capacidad y limitaciones de los materiales.

RESTRICCIONES CRITICAS
PARA ESTABLECER UN
PLAN BÁSICO DE
PRODUCCIÓN

PRIMERA

- Las cantidades propuestas del plan de producción, no deberán exceder la demanda del mercado proyectada.

SEGUNDA

- Debe haber suficiente suministro de materiales para apoyar el plan de producción.

TERCERA

- El flujo propuesto del producto requerido para apoyar el plan de producción no debe sobrecargar las capacidades procesadoras de los recursos.

La estrategia TAC

1. Establecer el PMP de modo que sea congruente con las restricciones del sistema. (Tambor.)
2. Proteger el rendimiento específico del sistema contra las inevitables pequeñas fluctuaciones, con el empleo de amortiguadores de tiempo en algunos de los pocos puntos más o menos críticos del sistema.(Amortiguador.)
3. Ligar la producción en cada recurso con el toque de tambor. (Cuerda.)

Principio 1 de la manufactura sincrónica

No concentrarse en balancear las capacidades, sino en
sincronizar el flujo

- ***Recurso que es cuello de botella:*** Cualquier recurso cuya capacidad es igual o menor que la demanda que se le impone.
- ***Recurso que no es cuello de botella:*** Cualquier recurso cuya capacidad es mayor que la demanda que se le impone

Tiempo de producción: Tiempo empleado para procesar un producto.

Tiempo de preparación: Tiempo empleado en la preparación para procesar un producto.

Tiempo ocioso de espera: Tiempo no empleado en la preparación o en el procesamiento.

Tiempo desperdiciado: El empleado en la transformación de materiales que no se puede convertir en rendimiento específico. Puede incluir productos de calidad inaceptable, materiales de producción en proceso que no se necesita, o producto terminado para el cual no hay demanda.

Principio 2 de la manufactura sincrónica: El valor marginal del tiempo en un recurso de cuello de botella, es igual a la tasa de rendimiento específico de los productos trabajados en ese recurso.

Principio 3 de la manufactura sincrónica: El valor marginal del tiempo en un recurso que no es cuello de botella es insignificante.

Poner en acción (en funcionamiento): Se refiere al empleo de un recurso o centro de trabajo para procesar materiales o productos.

Utilización: Se refiere a poner en acción un recurso que haga una aportación positiva al desempeño (rendimiento específico) de la empresa.

Principio 4 de la manufactura sincrónica:

La magnitud de la utilización de un recurso que no es cuello de botella, se controla por las otras restricciones internas del sistema.

Principio 5 de la manufactura sincrónica.

Los recursos se deben utilizar, no basta con ponerlos en funcionamiento.

Una *restricción* es cualquier elemento que impida al sistema alcanzar la meta de ganar más dinero.

Cada empresa tiene cuando menos una restricción de lo contrario, podría ganar cantidades ilimitadas de dinero.

TIPOS DE RESTRICCIONES

- *De mercado*
- *De materiales*
- *De capacidad*
- *Logísticas*
- *Administrativas*
- *Conductuales*

TIPOS DE RESTRICCIONES

- *Restricciones de mercados:* El Factor crítico que impulsa a cualquier planta manufacturera es la demanda del mercado, que determina los límites del rendimiento específico dentro de los cuales debería funcionar la empresa.

TIPOS DE RESTRICCIONES

- *Restricciones de Materiales:* Si no se cuenta con los insumos necesarios, se debe cerrar el proceso de manufactura. Los administradores han conocido este axioma desde que empezaron los trabajos de producción.

TIPOS DE RESTRICCIONES

- *Restricciones de capacidad:* Existen dos factores muy importantes que influyen directamente en la capacidad de una planta para mantener el flujo de producción deseado en una forma uniforme y oportuna.

TIPOS DE RESTRICCIONES

- *Restricciones logísticas:* Cualquier restricción inherente al sistema de planeación y control de la manufactura utilizando en la empresa, se cataloga como una restricción logística. El efecto primario de este tipo de restricción es que actúa como un lastre para el flujo uniforme de los artículos a través del sistema.

TIPOS DE RESTRICCIONES

- *Restricciones administrativas:* Son las estrategias y políticas de la empresa implantadas por la dirección, y que perjudican todas las decisiones relacionadas con la manufactura.

TIPOS DE RESTRICCIONES

- *Restricciones conductuales:* Hasta cierto grado, las empresas se pueden caracterizar por las actitudes y conducta de su fuerza de trabajo. En el momento en el cual se ejerciten conductas que vayan en contra de los principios de la manufactura sincrónica, estas conductas se vuelven una restricción para el sistema.

Recurso restrictivo de la capacidad

- Cualquier recurso que, si no se programa o maneja en la forma correcta, probablemente ocasiona que el flujo real del producto planeado a través de la planta se desvíe del flujo del producto.

EL CONCEPTO DEL SISTEMA TAMBOR-AMORTIGUADOR-CUERDA PARA LA SINCRONIZACIÓN. (TAC)

- A fin de que en una planta manufacturera se puedan lograr los beneficios de una operación sincrónica, se necesita un control logístico que sea manejable y que produzca un comportamiento predecible.

Definición de los elementos de TAC

- Desde el punto de vista del desarrollo de planes de producción buenos y manejables, las restricciones críticas en una planta manufacturera son: demanda del mercado, y capacidad y limitaciones de los materiales.

RESTRICCIONES CRITICAS
PARA ESTABLECER UN
PLAN BÁSICO DE
PRODUCCIÓN

PRIMERA

- Las cantidades propuestas del plan de producción, no deberán exceder la demanda del mercado proyectada.

SEGUNDA

- Debe haber suficiente suministro de materiales para apoyar el plan de producción.

TERCERA

- El flujo propuesto del producto requerido para apoyar el plan de producción no debe sobrecargar las capacidades procesadoras de los recursos.

La estrategia TAC

1. Establecer el PMP de modo que sea congruente con las restricciones del sistema. (Tambor.)
2. Proteger el rendimiento específico del sistema contra las inevitables pequeñas fluctuaciones, con el empleo de amortiguadores de tiempo en algunos de los pocos puntos más o menos críticos del sistema.(Amortiguador.)
3. Ligar la producción en cada recurso con el toque de tambor. (Cuerda.)

Principio 6 de la manufactura sincrónica:

El lote de transferencia no tiene que
ser ni debería ser igual al lote de
proceso.

Principio 7 de la manufactura sincrónica:

El tamaño de un lote de proceso puede ser variable tanto con el paso del tiempo como en su movimiento en la planta.

Lote de proceso:

La cantidad e un producto trabajado (procesado) en un recurso antes de cambiar ese recurso para producir un producto diferente.

Lote de transferencia:

La cantidad de unidades que se mueven al mismo tiempo de un recurso al siguiente.

La meta no es que el flujo real del producto sea exactamente igual que el del flujo planeado, sino hacer que el flujo real sea suficiente para cumplir con la demanda del mercado. Es decir, el flujo planeado del producto se debe establecer de modo que, a pesar de la presencia de discontinuidades, el flujo real abastezca la demanda.

Los razonamientos para distribuir los amortiguadores de tiempo en el proceso se caracterizan por lo siguiente:

1. Cada operación está amortiguada o protegida hasta cierto grado.
2. El sistema tiene, en general, más amortiguación que cualquier operación individual.
3. La cantidad de amortiguación disponible depende de la ubicación de la anomalía en el proceso. Cuanto más adelante del proceso ocurra la discontinuidad, menor protección habrá. Cabe señalar que el método de amortiguación tiene en su efecto cierta semejanza con el sistema Kanban.

Es de máxima importancia recordar que no es necesario proteger todas las operaciones de manufactura de la planta. Sólo es necesario proteger el flujo total del producto en el sistema y, en particular, en los embarques.

Esta configuración, en la cual toda la amortiguación se ubica antes del embarque, tiene las siguientes características:

1. Las operaciones individuales separadas no están protegidas contra las discontinuidades. Dado que estas siempre ocurrirán, la mayor parte de las operaciones estarán atrasadas respecto al plan.
2. El sistema total tiene el beneficio de la amortiguación completa, sin que importe en dónde ocurra la discontinuidad.
3. Una amortiguación bien definida y ubicada con precisión, sirve para concentrar la atención en ella. Siempre se tiene presente el que haya esa amortiguación. Los numerosos problemas que surgen para hacer llegar a tiempo el material al amortiguador se hacen presentes con claridad.

Los amortiguadores de tiempo deben suministrarse en el proceso antes de las operaciones RRC.

Se necesitarán por lo general amortiguadores de tiempo en, cuando menos, dos lugares: (1) al final del proceso, antes del embarque y, (2) frente a los RRC durante el proceso.

El tamaño de los amortiguadores de tiempo. El siguiente aspecto clave a estudiar, es cómo la administración debería escoger el tamaño de los amortiguadores de tiempo que se deben establecer en el sistema. La respuesta puede resumirse de forma muy general. Si un amortiguador de tiempo determinado no es lo bastante grande para proteger el sistema, entonces hay que aumentar el tamaño del amortiguador.

La experiencia de los autores indica que, para una empresa que trata de implantar un sistema TAC, un punto de partida conveniente para la dimensión de la amortiguación total del tiempo es más o menos el 50% del tiempo de producción actual de la empresa. Esto tiene dos ventajas importantes:

1. Suministra suficiente amortiguación para poder cumplir con las promesas de entrega.
2. Cumple con la necesidad competitiva de una gran reducción en los tiempos de elaboración.

Amortiguadores de tiempo. Destinados a proteger al rendimiento específico total del sistema, contra las discontinuidades internas que ocurren en forma continua en las empresas manufactureras.

Amortiguadores de existencias. Destinados a mejorar la capacidad de respuesta de la operación a la demanda del mercado. Para ello se tienen existencias de producto terminado o parcialmente terminado en la previsión de la futura demanda del mercado. Esto permite surtir los pedidos en un tiempo menor que el normal para producción.

Establecimiento del tambor.

Primero, se determinan en forma específica todos los recursos (RRC), cuya capacidad sea problemática. Los diversos pedidos que se van a procesar en los RRC determinan la cantidad y oportunidad del rendimiento específico del sistema, el último paso es emplear el flujo programado del producto por los RRC, a fin de determinar cuál debería ser el PMP del sistema. Ahora ya se establece el toque del tambor para el sistema.

Lote de Transferencia

¿Cuántas unidades se deberían mover cada vez?

Los lotes de transferencia pequeños deberían producir un flujo más veloz del material y existencias menores, pero pueden incluir mayor manejo de materiales. Los lotes de transferencia grandes requieren menos movimientos de materiales, pero por lo general producen un flujo más lento de materiales y mayores inventarios.

Los lotes de proceso grandes hacen que se emplee menos tiempo en las preparaciones, por tanto, es posible una mayor producción en los RRC.

Un lote de proceso grande implica que se ha combinado cierto número de pedidos en una sola corrida de producción más larga, al grado de no cumplir con las fechas prometidas.

Si el plan no es bueno para la planta, entonces es necesario analizar el flujo del producto para reconocer y corregir el problema. ¿ Es incorrecta la secuencia del producción? ¿ Se efectúan demasiadas preparaciones o se efectúan muy pocas? ¿ Son los lotes de transferencia muy grandes o muy pequeños?

El *tambor* suministra el programa maestro de producción (PMP), congruente con los requisitos y capacidades de la planta. Los amortiguadores de tiempo aseguran, a mínimo costo, que se cumplirá con lo prometido a los clientes, con gran confiabilidad.

Todas las estaciones de trabajo deben estar sincronizadas con los requisitos del PMP, a fin de poder ejecutar el plan con eficiencia. Ésta es la función de la *cuerda*.

Consideraciones importantes para establecer la cuerda.

Se deben tener en cuenta dos factores importantes al establecer la cuerda para un sistema logístico:

1. La información que se transmita debe tener un significado, para lo cual debe ser pertinente, válida y desconocida para los receptores. Además, la información debe dar a los receptores la oportunidad de aplicar con eficacia sus conocimientos y experiencia.

2. El control del programa no debería depender de la administración ni el manejo detallado de todos los recursos.