

<b>ELEMENTO</b> 8.1	<b>CODIGO</b> AC-03-002	<b>EDICION</b> 1	<b>NIVEL DE REVISION</b> N/A	<b>PAGINAS</b> 35	<b>FECHA DE EMISION</b> 18/DIC/2001
------------------------	----------------------------	---------------------	---------------------------------	----------------------	--

**PROCEDIMIENTO ESPECIFICO DE APLICACION DE  
TECNICAS ESTADISTICAS.**

**CAMBIOS Y/O ACTUALIZACIONES**

NIVEL DE REVISION	PAGINAS MODIFICADAS	DESCRIPCION DEL CAMBIO	FECHA

	NOMBRE	FIRMA	PUESTO
<b>ELABORO</b>	ING. JOSE ANTONIO CORTE MORENO		GERENTE DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD
<b>REVISO</b>	ING. MELESIO GUTIERREZ PEREZ		DIRECTOR GENERAL
<b>APROBO</b>	ING. MELESIO GUTIERREZ PEREZ		DIRECTOR GENERAL

CODIGO	EDICION	N: REVISION
AC-FO-002	1	N/A

**INDICE**

	<b>Página</b>
1. <b>Objetivo.</b>	<b>2</b>
2. <b>Alcance.</b>	<b>2</b>
3. <b>Terminología y definiciones.</b>	<b>2</b>
4. <b>Responsabilidades.</b>	<b>2</b>
5. <b>Descripción del procedimiento.</b>	<b>2</b>
5.1. <b>Prevención contra detección.</b>	<b>2</b>
5.2. <b>Diagrama de Pareto.</b>	<b>3</b>
5.3. <b>Diagrama causa – efecto.</b>	<b>7</b>
5.4. <b>Histogramas.</b>	<b>8</b>
5.5. <b>Gráficas de control.</b>	<b>10</b>
5.5.1. <b>Variables y atributos.</b>	<b>10</b>
5.5.2. <b>Gráfica de control por variables.</b>	<b>10</b>
5.5.3. <b>Gráfica de lecturas individuales.</b>	<b>22</b>
5.5.4. <b>Gráficas de control por atributos.</b>	<b>23</b>
5.6. <b>Siete herramientas administrativas y de planeación.</b>	<b>30</b>
6. <b>Referencias.</b>	<b>35</b>
7. <b>Anexos.</b>	<b>35</b>
8. <b>Registros de calidad.</b>	<b>35</b>
9. <b>Distribución.</b>	<b>35</b>

<b>CODIGO</b> AC-03-002	<b>EDICION</b> 1	<b>NIVEL DE REVISION</b> N/A	<b>PAGINA</b> 1 de 35
----------------------------	---------------------	---------------------------------	--------------------------

CODIGO	EDICION	N. REVISION
AC-FO-003	1	N/A

**1. Objetivo.**

Explicar claramente la forma de aplicar algunas técnicas estadísticas básicas, que puedan ser de utilidad en **DTP Consultores**.

**2. Alcance.**

Las técnicas estadísticas descritas en este procedimiento aplican al control de las características que afecten la calidad del servicio cuando aplique.

**3. Terminología y definiciones.**

No aplica.

**4. Responsabilidades.**

- 4.1. Es responsabilidad del Gerente de Aseguramiento de Calidad elaborar, actualizar, distribuir y controlar el presente procedimiento.
- 4.2. Es responsabilidad de los distintos usuarios de este procedimiento el aplicar correctamente las técnicas estadísticas descritas.

**5. Descripción del procedimiento.**

**5.1. Prevención contra detección.**

Todas las personas inconscientemente prevenimos contratiempos, por ejemplo, en nuestras actividades diarias, antes de salir de casa en las mañanas revisamos si traemos la cartera, las llaves, la pluma, etc., también cuando nos subimos al automóvil ¿Qué hacemos primero?, lo primero que hacemos es revisar el indicador de gasolina, batería, etc. Como podemos observar, este tipo de prevenciones que hemos tomado son para evitar probables problemas y pérdidas de tiempo.

Otro ejemplo de prevención aplicado a los niños, son las vacunas, estas sirven para prevenir enfermedades tales como la poliomielitis como una de las más importantes, debido al efecto que produce en el niño. La vacuna evita que la enfermedad se presente, pero ¿Qué sucedería si detectamos la presencia de la enfermedad?, Pues lo único que se puede hacer es reducir el efecto que produce mediante una serie de tratamientos.

Debido a lo anterior podemos concluir que es mejor prevenir que detectar problemas y que todas las técnicas estadísticas que se mencionaran a continuación tienen como fin prevenir.

<b>CODIGO</b> AC-03-002	<b>EDICION</b> 1	<b>NIVEL DE REVISION</b> N/A	<b>PAGINA</b> 2 de 35
----------------------------	---------------------	---------------------------------	--------------------------

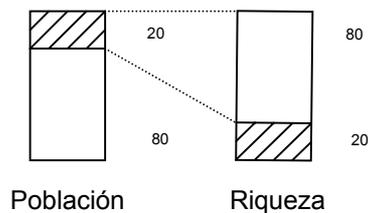
<b>CODIGO</b>	<b>EDICION</b>	<b>N. REVISION</b>
AC-FO-003	1	N/A

## 5.2. Diagrama de Pareto

Cuando se dice que “hay que asignar prioridades a los problemas según su importancia” ó cuando se habla de los componentes críticos y de los cuellos de botella, sé esta reconociendo que no todas las cosas tienen la misma importancia, que hay unos pocos vitales y muchos triviales.

Pues bien, la asignación de prioridades ha sido conocida desde hace mucho tiempo, pero desafortunadamente se ha manejado sin darle el enorme valor que encierra como herramienta de análisis y como base en la toma de decisiones, en pocas palabras es convertir las cosas difíciles en cosas sencillas, hacer posible lo que parece imposible y en general aumentar la eficiencia de las decisiones, con todos los beneficios que esto pueda implicar.

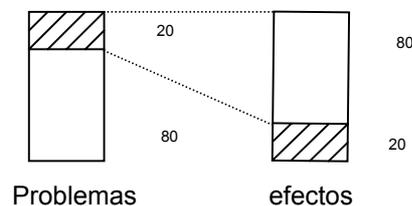
Fue precisamente Wilfredo Pareto, economista italiano del siglo XIX que dedico gran parte de su vida a analizar como estaba repartida la riqueza en la población. Al finalizar sus estudios encontró que el 80% de la riqueza estaba repartida en el 20% de la población, de una manera gráfica se puede representar así:



El descubrimiento que realizó Pareto es lo que conocemos ahora como el diagrama, que lleva su nombre o teoría del 80-20 y dice:

“Si hacemos una lista de todas las cosas que contribuyen en la obtención o aparición de cualquier efecto que nos interesa analizar, ordenándolas de mayor a menor, según su magnitud de la contribución de cada una, encontraremos que la importancia relativa de las primeras es tan grande en comparación con las últimas que aproximadamente el 20% de ellas son responsables del 80% del efecto total y el 80% restante de causas son responsables solamente del 20% restante del efecto”.

Para entender mejor el diagrama de Pareto de la presentación anterior, cambiamos población por problema y riqueza por efectos, nos queda:



Para usar el diagrama de Pareto se sigue la secuencia que a continuación se describe:

- Fijar un periodo de tiempo para la recolección de información.
- Listar los problemas que han sucedido en el periodo que afecten la calidad del servicio.
- Determinar la frecuencia con la que se presenta el problema.

<b>CODIGO</b> AC-03-002	<b>EDICION</b> 1	<b>NIVEL DE REVISION</b> N/A	<b>PAGINA</b> 3 de 35
----------------------------	---------------------	---------------------------------	--------------------------

<b>CODIGO</b>	<b>EDICION</b>	<b>N. REVISION</b>
AC-FO-003	1	N/A

- d) Calcular el porcentaje relativo.
- e) Calcular el porcentaje relativo acumulado.
- f) Elaboración de gráfica.

Para que el diagrama de pareto quede mejor entendido, a continuación se maneja la secuencia con un ejemplo.

En la fabrica de tractores agrícolas “la industrial”, con el objeto de mejorar la calidad de sus productos, el departamento de ventas realizó una encuesta con los clientes de la zona del bajo, encontrando los siguientes problemas importantes:

Unidades vendidas de junio de 1992 a junio 1993: 12,914

<b>Problema / defecto</b>	<b>Casos / frecuencia</b>
Excesivo consumo de aceite.	235
Sujeción para el arado fuera de localización.	342
Faros fundidos.	95
Asientos dañados.	59
Volante flojo.	35
Frenos bajos.	25

Como se puede observar hasta el momento se han cubierto los tres primeros pasos en la secuencia de la elaboración del diagrama de Pareto que son:

- a) Fijar un periodo de tiempo para la recolección de información
- b) Listar los problemas o defectos del periodo.
- c) Determinar la frecuencia con la que se presenta el problema.

El siguiente paso de acuerdo a la secuencia es, calcular el porcentaje relativo, pero antes es necesario listar los problemas de calidad de mayor a menor frecuencia, como se muestra:

1. Sujeción para el arado fuera de localización.
2. Excesivo consumo de aceite.
3. Faros fundidos.
4. Asientos dañados.
5. Volante flojo.
6. Frenos bajos.

Para calcular el porcentaje relativo, vamos a usar la siguiente formula:

$$\% \text{ Relativo} = (n/d) (100)$$

Donde:

n = frecuencia de cada problema.

d = frecuencia total.

Cálculos:

$$d = 342+235+95+59+35+25= 791$$

$$d = 791$$

<b>CODIGO</b> AC-03-002	<b>EDICION</b> 1	<b>NIVEL DE REVISION</b> N/A	<b>PAGINA</b> 4 de 35
----------------------------	---------------------	---------------------------------	--------------------------

<b>CODIGO</b>	<b>EDICION</b>	<b>N. REVISION</b>
AC-FO-003	1	N/A

Con el dato de “d”, podemos ir calculando el porcentaje relativo de cada uno de los problemas, así pues tendremos:

$$\% \text{ relativo (sujeción)} = (342/791) (100) = 43.24 \%$$

$$\% \text{ relativo (consumo)} = (235/791) (100) = 29.71 \%$$

$$\% \text{ relativo (faros)} = (95/791) (100) = 12.01 \%$$

$$\% \text{ relativo (asiento)} = (59/791) (100) = 7.46 \%$$

$$\% \text{ relativo (volante)} = (35/791) (100) = 4.42 \%$$

$$\% \text{ relativo (frenos)} = (25/791) (100) = 3.16 \%$$

Ya calculados los porcentajes relativos, estos se van anotando en la tabla como sigue:

Problema defecto	Frecuencia casos (n)	% Relativo
Sujeción para el arado fuera de localización.	342	43.24
Excesivo consumo de aceite.	235	29.71
Faros fundidos.	95	12.01
Asientos dañados.	59	7.46
Volante flojo.	35	4.42
Frenos bajos.	25	3.16

D = 791

El siguiente punto dentro de la secuencia es, calcular el porcentaje relativo acumulado. Para esto, lo que se va a hacer es sumar los porcentajes relativos de cada problema/defecto, de la manera siguiente:

Problema defecto	Frecuencia casos (n)	% relativo	% relativo acumulado
1. Sujeción para el arado fuera de localización.	342	43.24	43.24
2. Excesivo consumo de aceite.	235	29.71	72.95
3. Faros fundidos.	95	12.01	84.96
4. Asientos dañados.	59	7.46	92.42
5. Volante flojo.	35	4.42	96.84
6. Frenos bajos.	25	3.16	100.00

D = 791

<b>CODIGO</b> AC-03-002	<b>EDICION</b> 1	<b>NIVEL DE REVISION</b> N/A	<b>PAGINA</b> 5 de 35
----------------------------	---------------------	---------------------------------	--------------------------

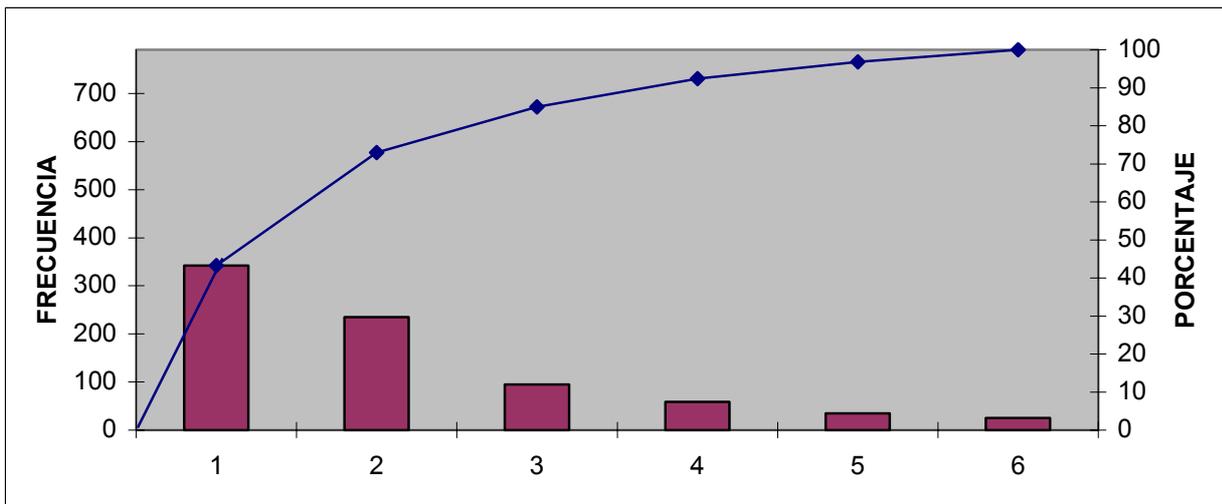
CODIGO	EDICION	N. REVISION
AC-FO-003	1	N/A

Por ultimo, en la secuencia de la elaboración del diagrama de Pareto es la elaboración de la gráfica.

Esta gráfica es muy importante debido a que proporciona de una forma fácil y objetiva el problema/defecto que debemos atacar primero, y que porcentaje representa al solucionarlo.

Los puntos que se deben seguir en la elaboración de la gráfica son los siguientes:

- Determinar la escala.
- Trazar las barras de cada uno de los problemas en porcentaje relativo.
- Trazar el porcentaje relativo acumulado.



<b>CODIGO</b> AC-03-002	<b>EDICION</b> 1	<b>NIVEL DE REVISION</b> N/A	<b>PAGINA</b> 6 de 35
----------------------------	---------------------	---------------------------------	--------------------------

CODIGO	EDICION	N. REVISION
AC-FO-003	1	N/A

### 5.3. Diagrama causa – efecto

El diagrama causa efecto es un método que nos permite visualizar las diversas causas que afectan un resultado determinado en base a la experiencia, conocimientos, habilidades e inteligencia de cada uno de nosotros y nos ayuda a clasificar y relacionar las causas más probables con el problema.

El diagrama causa-efecto es una herramienta que divide las causas que originan o influyen en cierto problema.

Algunas de las ventajas del diagrama son:

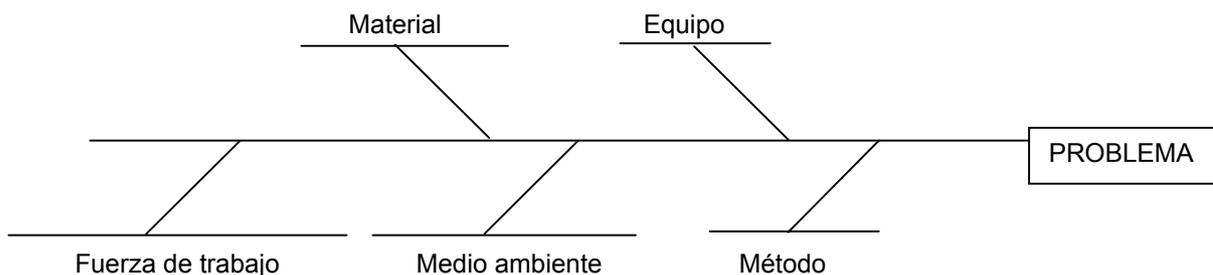
- Ayuda a clarificar las causas de la dispersión y a organizar sus relaciones.
- Es una guía en la discusión de problemas, centrando la discusión y evitando desviaciones del tema, por lo que se llega mas pronto a la decisión sobre la acción a tomar.
- Puede ser utilizado para analizar problemas de calidad, productividad, seguridad, y cualquier problema.

La secuencia para la elaboración del diagrama causa – efecto.

- Identificar el problema.
- Dibujar el diagrama.
- Buscar las causas probables que están afectando en cada uno de los factores, usando para ello flechas rama de la flecha principal y sub-ramas de las propias ramas.
- Sobre cada una de las ramas, anote los factores detallados que se pudieran considerar causas.
- Verificar cada una de las causas probables.
- Corregir las causas verdaderas.

Para determinar las causas más probables es recomendable la intervención del personal que esta relacionado directamente con el proceso o actividad que se está analizando. Se debe considerar formar un grupo en el cual se hagan lluvias de ideas. El uso de este diagrama facilita en forma notable el entendimiento y comprensión del proceso y a su vez elimina la dificultad del control de la calidad en el mismo, promoviendo el trabajo en equipo.

El diagrama causa efecto más común es el siguiente:



<b>CODIGO</b> AC-03-002	<b>EDICION</b> 1	<b>NIVEL DE REVISION</b> N/A	<b>PAGINA</b> 7 de 35
----------------------------	---------------------	---------------------------------	--------------------------

<b>CODIGO</b>	<b>EDICION</b>	<b>N. REVISION</b>
AC-FO-003	1	N/A

#### 5.4. Histogramas.

El histograma es una gráfica de barras que representa los datos agrupados y ordenados, con el fin de determinar las veces en que ocurren las variaciones de dichos datos.

Todo proceso produce un resultado, si el producto o servicio está estandarizado y se trabaja de acuerdo a esos estándares, la variación de su resultado dará una distribución normal.

A continuación se expondrán los procedimientos básicos para la organización y reporte de la información en forma de histogramas.

A continuación se listan algunos datos con los cuales se hará un ejemplo.

1	2	3	4	5	6	7	8
138	164	150	132	144	125	149	157
146	158	140	147	136	148	152	144
168	126	138	176	163	119	154	165
146	173	142	147	135	153	140	135
161	145	135	142	150	156	145	128

Haciendo uso de los datos anteriores, como primer paso, debemos crear una columna de datos donde se halle la observación mínima y máxima, sin repeticiones, a la derecha de la cual construiremos otra en la que anotaremos la frecuencia (fi) correspondiente a cada dato.

El procedimiento a seguir para lograr conocer la frecuencia correspondiente a cada dato, puede variar, pero debe ser de tal naturaleza que permita cotejar los resultados obtenidos.

Los datos obtenidos se utilizarán para construir una nueva tabla que permita sistematizar los cálculos de la media, varianza y desviación estándar.

Xi	fi	fiXi
119	1	119
125	1	125
126	1	126
128	1	128
132	1	132
135	3	405
136	1	136
138	2	276
140	2	280
142	2	284
144	2	288
145	2	290
146	2	292
147	2	294
148	1	148
149	1	149
150	2	300
152	1	152
153	1	153
154	1	154
156	1	156
157	1	157
158	1	158
161	1	161
163	1	163
164	1	164
165	1	165
168	1	168
173	1	173
176	1	176

De las dos primeras columnas se tiene que la moda es 135 y la mediana es 146.

Teniendo la información necesaria para aplicar la fórmula de la media:

$$\bar{X} = \frac{\sum fiXi}{n} = \frac{5872}{40} = 146.8$$

A continuación se debe llenar la siguiente tabla la cual facilita los cálculos requeridos para la obtención de la varianza.

<b>CODIGO</b> AC-03-002	<b>EDICION</b> 1	<b>NIVEL DE REVISION</b> N/A	<b>PAGINA</b> 8 de 35
----------------------------	---------------------	---------------------------------	--------------------------

<b>CODIGO</b> AC-FO-003	<b>EDICION</b> 1	<b>N. REVISION</b> N/A
----------------------------	---------------------	---------------------------

5872

Xi	Fi	fiXi	(Xi - $\bar{X}$ )	(Xi - $\bar{X}$ ) <sup>2</sup>	fi (Xi - $\bar{X}$ ) <sup>2</sup>
119	1	129	-27.8	772.84	772.84
125	1	125	-21.8	475.24	475.24
126	1	126	-20.8	432.64	432.64
128	1	128	-18.8	353.44	353.44
132	1	132	-14.8	219.04	219.04
135	3	405	-11.8	139.24	417.72
136	1	136	-10.8	116.64	116.64
138	2	276	-8.8	77.44	154.88
140	2	280	-6.8	46.24	92.48
142	2	284	-4.8	23.04	46.08
144	2	288	-2.8	7.84	15.68
145	2	290	-1.8	3.24	6.48
146	2	292	-0.8	0.64	1.28
147	2	294	0.2	0.04	0.08
148	1	148	1.2	1.44	1.44
149	1	149	2.2	4.84	4.84
150	2	300	3.2	10.24	20.48
152	1	152	5.2	27.04	27.04
153	1	153	6.2	38.44	38.44
154	1	154	7.2	51.84	51.84
156	1	156	9.2	84.64	84.64
157	1	157	10.2	104.04	104.04
158	1	158	11.2	125.44	125.44
161	1	161	14.2	201.64	201.64
163	1	163	16.2	262.44	262.44
164	1	164	17.2	295.84	295.84
165	1	165	18.2	331.24	331.24
168	1	168	21.2	449.44	449.44
173	1	173	26.2	686.44	686.44
176	1	176	29.2	852.64	852.64
		5872			6642.4

$$S^2 = \frac{\sum fi (Xi - \bar{X})^2}{n} = \frac{6642.5}{40} = 166.06$$

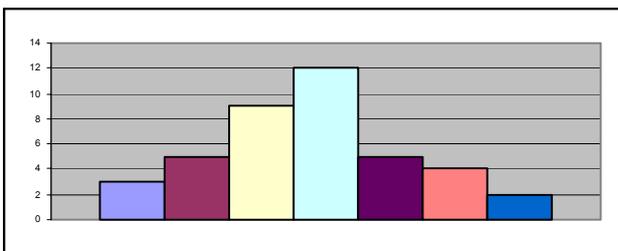
$$S = \sqrt{166.06} = 12.886$$

Para la construcción del histograma se requiere organizar la información en clases, para ello elaboramos la siguiente tabla de frecuencias:

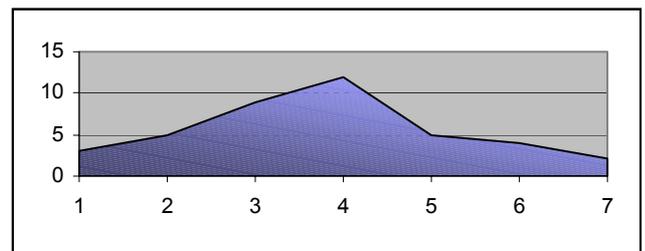
**Tabla de frecuencias.**

No	Limites simples	Limites reales	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa %	Frecuencia acumulada	Frec. Rel. Acumulada %
1	118 - 126	117.5 - 126.5	3	7.5	3	7.5
2	127- 135	126.5 - 135.5	5	12.5	8	20
3	136 - 144	135.5 - 144.5	9	22.5	17	42.5
4	145 - 153	144.5 - 153.5	12	30.0	29	72.5
5	154 - 162	153.5 - 162.5	5	12.5	34	85.0
6	163 - 171	162.5 - 171.5	4	10.0	38	95.0
7	172 - 180	171.5 - 180.5	2	5.0	40	100.0

A continuación presentamos la gráfica del histograma y el polígono de frecuencias.



**Histograma**



**Polígono de frecuencias**

<b>CODIGO</b> AC-03-002	<b>EDICION</b> 1	<b>NIVEL DE REVISION</b> N/A	<b>PAGINA</b> 9 de 35
----------------------------	---------------------	---------------------------------	--------------------------

CODIGO	EDICION	N. REVISION
AC-FO-003	1	N/A

### 5.5. Gráficas de control

Una herramienta importante en el control estadístico de calidad es la gráfica de control, a pesar de la aparente simplicidad de la gráfica de control, muchos ingenieros, encuentran que su uso exige un punto de vista completamente nuevo.

El poder de las gráficas de control recae en la posibilidad de separar las causas asignables de la variación de la calidad. Esto hace posible el diagnóstico y la corrección de muchos problemas y a menudo lleva a mejoras considerables en la calidad de un producto y/o servicio.

#### 5.5.1 Variables y atributos.

Una distinción importante en el lenguaje técnico de la estadística es la que existe entre variables y atributos. Cuando se lleva un registro sobre una medida real de una característica de calidad, tal como una dimensión expresada en milímetros, dureza de piezas en unidades brinell, temperaturas de operación en grados centígrados, resistencia a la compresión en psi, etc., Se dice que la calidad se expresa por variables.

Cuando un registro muestra solamente el número de artículos que se conforman y el número de artículos que dejar de conformarse con cualquier requerimiento especificado, se dice que es un registro por atributos.

#### 5.5.2. Gráficas de control por variables.

Una gráfica de control por variables es un método de recolección de datos y representación del comportamiento de un proceso, el cual nos permite visualizar el comportamiento del proceso y predecirlo o pronosticarlo.

Para su elaboración se debe seguir la secuencia mencionada a continuación:

- a) Recolección de datos.
- b) Calcular rangos.
- c) Calcular promedios.
- d) Calcular rango promedio
- e) Calcular el promedio de promedios
- f) Calcular los límites de control para rango y promedio.
- g) Elaboración de gráficas.
- h) Interpretación.
- i) Cálculo de habilidad.
- j) Recálculo de los límites de control.

A continuación se mencionara como se lleva a cabo el llenado de las gráficas de control por variables.

##### 5.2.2.1. Recolección de datos.

La recolección de datos se da a través de las lecturas o valores obtenidos de la verificación o inspección de un proceso o actividad haciéndose por subgrupos consecutivamente para conseguir condiciones similares. La forma de representar la recolección de datos en la gráfica X-R, se muestra a continuación:

<b>CODIGO</b> AC-03-002	<b>EDICION</b> 1	<b>NIVEL DE REVISION</b> N/A	<b>PAGINA</b> 10 de 35
----------------------------	---------------------	---------------------------------	---------------------------

<b>CODIGO</b>	<b>EDICION</b>	<b>N. REVISION</b>
AC-FO-003	1	N/A

Fecha/hora	A	B	C		
X1	4	8	10		
X2	5	2	10		
X3	3	1	8		
X4	7	6	9		
X5	3	7	9		
Suma					
$\bar{X}$					
R					

**5.5.2.2. Calculo de rangos.**

El calculo del rango es la diferencia del valor mayor y menor de un subgrupo, por lo tanto, se obtiene un valor de rango para cada subgrupo.

El calculo del rango nos ayuda a visualizar las variaciones en el proceso y se calcula de la siguiente manera:

Rango = Valor mayor – Valor menor ó  $R = X \text{ mayor} - X \text{ menor}$ .

Por ejemplo, empleando los valores anteriores donde se muestra la colección de datos, para el subgrupo “A” el rango será:

$X \text{ mayor} = 7$

$X \text{ menor} = 3$

$R = 7 - 3 = 4$

El valor que se va obteniendo de cada uno de los subgrupos se registra en la gráfica X – R de la siguiente manera:

<b>CODIGO</b> AC-03-002	<b>EDICION</b> 1	<b>NIVEL DE REVISION</b> N/A	<b>PAGINA</b> 11 de 35
----------------------------	---------------------	---------------------------------	---------------------------

<b>CODIGO</b> AC-FO-003	<b>EDICION</b> 1	<b>N. REVISION</b> N/A
----------------------------	---------------------	---------------------------

Fecha/hora	A	B	C		
X1	4	8	10		
X2	5	2	10		
X3	3	1	8		
X4	7	6	9		
X5	3	7	9		
Suma					
$\bar{X}$					
R	4	7	2		

**5.5.2.3. Calculo de promedios.**

También se llama: calculo de “ $\bar{X}$  testada” o “ $\bar{X}$  media ”; él calculo de promedios es el promedio de las lecturas obtenidas de un subgrupo y los valores que se obtengan serán los que se representaran en la gráfica.

Se debe emplear la siguiente formula.

$$\bar{X} = (X1+X2+X3+X4+X5) /5$$

Donde:

X1, X2, X3, X4, X5 son los valores o lecturas obtenidos en cada subgrupo.

La forma en que se representa el valor de  $\bar{X}$  en la gráfica es la siguiente:

Ejemplo del subgrupo “A”:

$$\bar{X} = (4+5+3+7+3) /5 = 22 /5 =4.4$$

Ejemplo del subgrupo “B”:

$$\bar{X} = (8+2+1+6+7) /5 = 22 /5 =4.8$$

<b>CODIGO</b> AC-03-002	<b>EDICION</b> 1	<b>NIVEL DE REVISION</b> N/A	<b>PAGINA</b> 12 de 35
----------------------------	---------------------	---------------------------------	---------------------------

<b>CODIGO</b> AC-FO-003	<b>EDICION</b> 1	<b>N. REVISION</b> N/A
----------------------------	---------------------	---------------------------

Fecha/hora	A	B	C		
X1	4	8	10		
X2	5	2	10		
X3	3	1	8		
X4	7	6	9		
X5	3	7	9		
Suma	22	24	46		
$\bar{X}$	4.4	4.8	9.2		
R	4	7	2		

**5.5.2.4. Calculo del rango promedio**

También se le llama: “R testada” y es el promedio de los rangos de los subgrupos y se obtiene empleando la siguiente formula:

$$\bar{R} = (R1 + R2 + R3 + ..... + Rn) / n$$

Donde:

R1, R2, R3,..... Rn es el valor del rango obtenido en cada subgrupo.

n = es el numero de subgrupos.

En la colección de datos que se muestra a continuación “n” es igual a 25, porque se tienen 25 subgrupos. Por lo tanto, sustituyendo en la formula que se tiene para calcular R las lecturas o valores que se tienen, quedaría de la siguiente manera:

$$\bar{R} = (2+2+1+1+1+2+2+1+1+3+2+2+2+4+3+2+0+2+2+1+3+1+1+3+1) / 25 = 45 / 25$$

$$\bar{R} = 1.8$$

<b>CODIGO</b> AC-03-002	<b>EDICION</b> 1	<b>NIVEL DE REVISION</b> N/A	<b>PAGINA</b> 13 de 35
----------------------------	---------------------	---------------------------------	---------------------------

<b>CODIGO</b> AC-FO-003	<b>EDICION</b> 1	<b>N. REVISION</b> N/A
----------------------------	---------------------	---------------------------



**5.5.2.6. Calculo de los limites de control para rangos y promedios.**

El calculo de los limites de control para rangos y promedios es la representación de la variación que puede esperarse en un proceso y esto nos permite interpretar el comportamiento del proceso. Los limites de control se obtienen empleando las siguientes formulas:

Para rangos:

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

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

Para promedios:

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

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

Donde:

L.S.C. : Es el limite superior de control.

L.I.C. : Es el limite inferior de control.

$\bar{X}$  es el promedio de promedios.

$\bar{R}$  es el rango promedio.

$D_4, D_3, A_2$ , son factores de ajuste o corrección.

$d_2$ , es el divisor para estimar la desviación estándar.

El valor de los factores de ajuste depende del numero de lecturas o valores de un subgrupo. Por lo que, los factores de ajuste se muestran en la siguiente tabla:

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$D_4$	3.27	2.57	2.28	2.11	2.00	1.92	1.86	1.82	1.78
$D_3$	0	0	0	0	0	0.08	0.14	0.18	0.22
$A_2$	1.88	1.02	0.73	0.58	0.48	0.42	0.37	0.34	0.31
$d_2$	1.128	1.693	2.059	2.326	2.534	2.704	2.847	2.97	3.07

Continuando con el ejemplo, ahora se calcularan los limites de control, tanto por promedios como para rango.

Concentrando la información que hasta el momento tenemos es:

$$\bar{X} = 8.42$$

$$\bar{R} = 1.80$$

$$A_2 = 0.58 \text{ para } n=5$$

<b>CODIGO</b> AC-03-002	<b>EDICION</b> 1	<b>NIVEL DE REVISION</b> N/A	<b>PAGINA</b> 15 de 35
----------------------------	---------------------	---------------------------------	---------------------------

<b>CODIGO</b>	<b>EDICION</b>	<b>N. REVISION</b>
AC-FO-003	1	N/A

$$D_4 = 2.11 \text{ para } n=5$$

$$D_3 = 0 \text{ para } n=5$$

Los valores anteriores se deberán sustituir en las formulas respectivas, dando lo siguiente:

$$\text{L.S.C. } \bar{R} = D_4 \bar{R} = 2.11 \times 1.80 = 3.80$$

$$\text{L.I.C. } \bar{R} = D_3 \bar{R} = 0 \times 1.80 = 0$$

$$\text{L.S.C. } \bar{X} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} = 8.42 + (0.58 \times 1.80)$$

$$\text{L.S.C. } \bar{X} = 8.42 + 1.04 = 9.46$$

$$\text{L.I.C. } \bar{X} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} = 8.42 - (0.58 \times 1.80) = 8.42 - 1.04 = 7.38$$

#### 5.2.2.7. Elaboración de gráficas

Se tiene que seleccionar la escala adecuadamente.

Para promedios:

La  $\bar{X}$  mayor de todos los subgrupos se incrementa aproximadamente de una y media veces a dos veces su valor.

La  $\bar{X}$  mayor menos la  $\bar{X}$  menor y el resultado que se obtenga se incrementa aproximadamente de una y media veces a dos veces su valor.

Para rangos:

El rango mayor obtenido se incrementa aproximadamente de una y media veces a dos veces su valor.

Se anexa la gráfica X-R completa:

#### 5.2.2.8. Interpretación

La interpretación sirve para identificar las variaciones anormales o normales del proceso y a su vez realizar las acciones correctivas y preventivas adecuadas. Se deben seguir los siguientes lineamientos para una correcta interpretación.

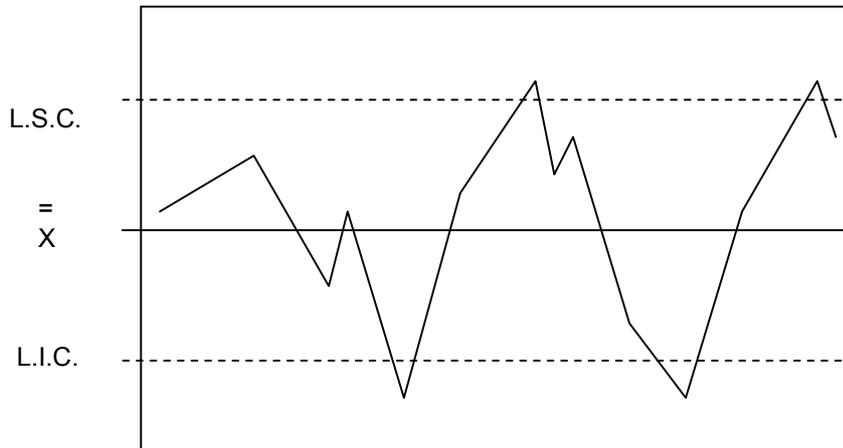
##### a) Puntos fuera de los limites de control.

Cuando un punto o puntos se encuentran arriba o abajo de los limites de control, se recomienda verificar lo siguiente antes de tomar medidas correctivas en el proceso:

- Los limites de control están mal calculados o los puntos están mal graficados.
- El sistema de medición ha cambiado (instrumento, inspector) etc.
- La variación o la dispersión de la distribución ha cambiado.

<b>CODIGO</b> AC-03-002	<b>EDICION</b> 1	<b>NIVEL DE REVISION</b> N/A	<b>PAGINA</b> 16 de 35
----------------------------	---------------------	---------------------------------	---------------------------

<b>CODIGO</b>	<b>EDICION</b>	<b>N. REVISION</b>
AC-FO-003	1	N/A



**b) Adhesión**

Para verificar si existe adhesión al centro o adhesión a los extremos, es necesario dividir en tres partes iguales la distancia que hay del limite superior de control al limite de control.

La división en tercios se realiza de la siguiente forma:

$$\frac{L.S.C. - L.I.C.}{3} = A$$

$$\text{Tercio superior} = L.S.C. - A$$

$$\text{Tercio inferior} = L.I.C. + A$$

**c) Adhesión al centro**

Si el 80% de los puntos graficados o más se encuentran en el tercio medio se dice que hay adhesión al centro.

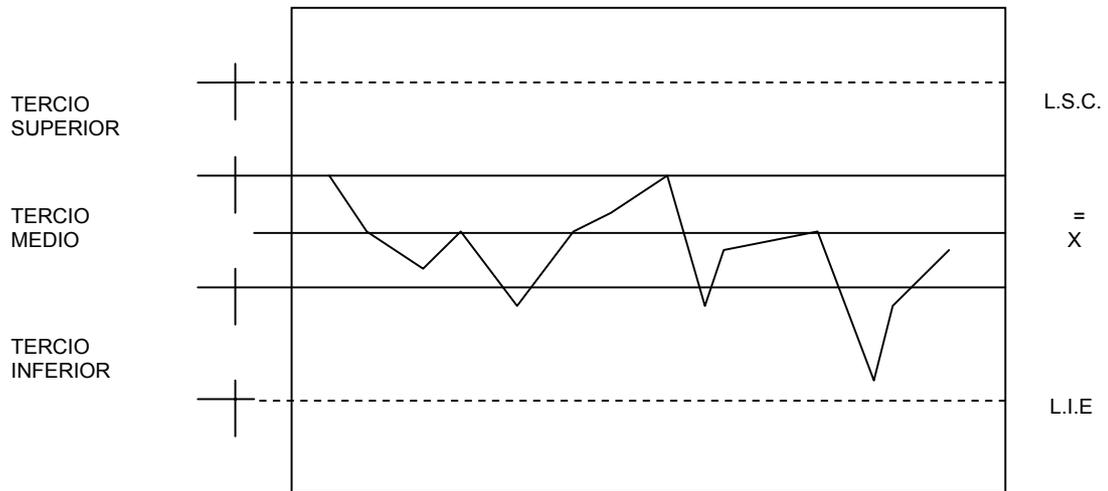
De llegarse a presentar la adhesión al centro, es necesario verificar lo siguiente:

- Los limites de control han sido mal calculados o mal graficados.
- Los puntos han sido mal calculados o mal graficados.
- Los datos han sido adulterados (las lecturas que se alejan del promedio de promedios fueron alteradas u omitidas).
- Suelen haberse mezclado en el subgrupo mediciones de dos o más flujos del proceso.

Si después de haberse verificado las condiciones anteriores, la adhesión persiste, entonces el proceso muestra una condición favorable, la cual debemos de investigar para mantener el proceso en la misma condición.

<b>CODIGO</b> AC-03-002	<b>EDICION</b> 1	<b>NIVEL DE REVISION</b> N/A	<b>PAGINA</b> 17 de 35
----------------------------	---------------------	---------------------------------	---------------------------

<b>CODIGO</b> AC-FO-003	<b>EDICION</b> 1	<b>N. REVISION</b> N/A
----------------------------	---------------------	---------------------------

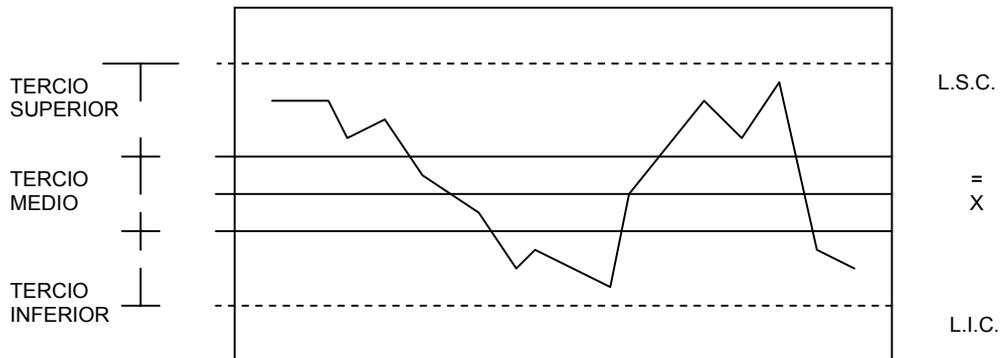


**d) Adhesión a los extremos.**

Si el 80% o más de los puntos graficados se encuentran dentro de los tercios exteriores, se dice que hay adhesión a los extremos o adhesión a las líneas de control.

De presentarse esta condición es necesario verificar:

- Los límites de control han sido mal calculados o los puntos mal graficados.



**e) Serie.**

Serie es una sucesión de puntos que indican una tendencia o desplazamiento del proceso.

Para el control estadístico del proceso se tienen identificadas dos tipos de series, la tendencia y la corrida.

<b>CODIGO</b> AC-03-002	<b>EDICION</b> 1	<b>NIVEL DE REVISION</b> N/A	<b>PAGINA</b> 18 de 35
----------------------------	---------------------	---------------------------------	---------------------------

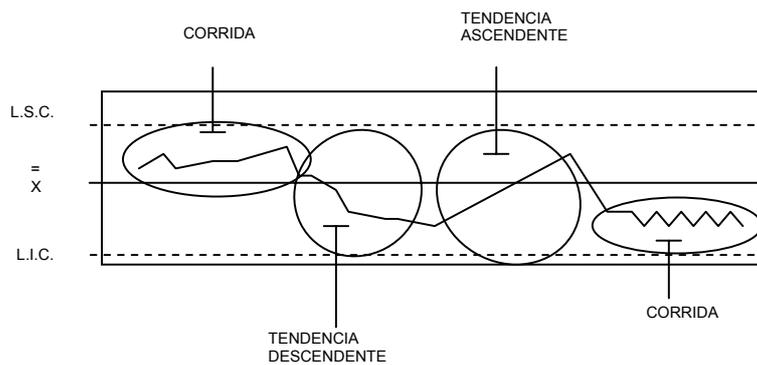
<b>CODIGO</b> AC-FO-003	<b>EDICION</b> 1	<b>N. REVISION</b> N/A
----------------------------	---------------------	---------------------------

Cuando seis puntos consecutivos o más en forma ascendente o descendente se encuentran en la gráfica se dice que hay tendencia y cuando siete puntos consecutivos o más se encuentran por arriba o por abajo del promedio de promedios, se dice que hay una corrida.

La presencia de una serie significa mayor dispersión de los resultados, que pueden provenir de una causa irregular.

La interpretación en las gráficas de rangos se lleva de la misma forma que con la interpretación de promedios, solamente cambia el siguiente concepto cuando se maneja (corrida y tendencia) por debajo del rango promedio, lo cual significa que hay menor dispersión de los resultados, lo cual es generalmente una buena condición que debe estudiarse para ampliar su aplicación.

**Series: corrida  
Tendencia**



**f) Causas especiales de variación**

Son las causas que generan puntos fuera de cualquiera de los límites calculados, y se pueden corregir generalmente tomando decisiones que están a nuestro alcance; estas deben ser tomadas por alguien que este directamente relacionado con el proceso o con la actividad. Estas causas de variación no están involucradas en todas las operaciones del proceso que se está analizando.

Algunos ejemplos de estas causas son:

- Personal en capacitación.
- Instrumentos de medición mal calibrados
- Condiciones ambientales adversas (humedad, vibraciones, polvo, etc.)
- Materiales suministrados defectuosos, etc.

**g) Causas comunes de variación.**

Las causas comunes son las que originan la variación del proceso estando este dentro de los límites de control.

Las causas comunes de variación que están y tienen una distribución peculiar o una cierta tendencia; estas originan que exista cierta dispersión en los promedios y/o en los rangos.

<b>CODIGO</b> AC-03-002	<b>EDICION</b> 1	<b>NIVEL DE REVISION</b> N/A	<b>PAGINA</b> 19 de 35
----------------------------	---------------------	---------------------------------	---------------------------

<b>CODIGO</b>	<b>EDICION</b>	<b>N. REVISION</b>
AC-FO-003	1	N/A

**h) Sobreajuste**

Es la practica de tratar cada desviación de la media objetivo, como si fuera el resultado de la acción de una causa especial de variación en el proceso, si un proceso estable es ajustado cada vez que se realiza una medición, entonces el ajuste se vuelve una fuente adicional de variación.

**5.2.2.9. Calculo de habilidad.**

Una vez que se ha determinado si el proceso esta en control estadístico (puntos dentro de los limites de control) la siguiente pregunta será si el proceso es hábil; esto es ¿Cumple con las especificaciones en forma consistente?.

Si la habilidad no es aceptable, entonces un cambio importante debe ser hecho para mejorar el sistema, dado que la habilidad refleja la variación de causas comunes (ya que las especiales ya fueron corregidas), la falta de dicha habilidad en un proceso casi siempre se debe a fallas en el sistema.

A continuación se describen los pasos para determinar la habilidad de una gráfica X-R.

Paso 1: Calcule la desviación estándar del proceso.

Paso 2: Calcule la dispersión del proceso.

Paso 3: Calcule la habilidad por medio de "Z".

Paso 4: Calcule la habilidad potencial del proceso.

Paso 5: Calcule la habilidad real del proceso.

Paso 6: Evalúe y analice los resultados en base a los limites de probabilidad y aceptación.

Se ejemplificará cada paso utilizando los siguientes valores.

$$\bar{R} = 4.6 \quad \bar{X} = 6.16 \quad L.S.E. = 12 \quad L.I.E. = 2$$

**Paso 1: Calculo de la desviación estándar del proceso.**

Dado que la variación en el proceso de una pieza a otra se refleja en el rango del subgrupo, la estimación de la desviación estándar esta basada en el promedio de los rangos ( $\bar{R}$ ) calculado en la gráfica mediante la siguiente formula:

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad \bar{R} = 4.6$$

$$\sigma = \frac{4.6}{2.326} = \boxed{1.98}$$

**Paso 2: Calculo de la dispersión del proceso.**

$$6 \sigma = 6 (1.98) \quad LSE = 12 \quad LIE = 2$$

$$= \boxed{11.88} \quad \text{Rango de la especificación} = (LSE - LIE) = (12 - 2) = 10$$

<b>CODIGO</b> AC-03-002	<b>EDICION</b> 1	<b>NIVEL DE REVISION</b> N/A	<b>PAGINA</b> 20 de 35
----------------------------	---------------------	---------------------------------	---------------------------

<b>CODIGO</b>	<b>EDICION</b>	<b>N. REVISION</b>
AC-FO-003	1	N/A

11.88 mayor a 10 por lo tanto el proceso no es hábil.

Nota: comparar el valor de  $6\sigma$  con el rango de la especificación; si el valor de  $6\sigma$  es menor, el proceso se considera hábil.

**Paso 3: Calculo de habilidad por medio “Z”.**

La habilidad de un proceso es descrita en términos de la distancia que hay entre el promedio del proceso y los limites de especificación, para esto definiremos dicha distancia en unidades que llamaremos “Z”.

Para tolerancias bilaterales; es decir hacia ambos lados:

$$Z_s = \frac{LSE - \bar{X}}{\sigma}$$

$$Z_i = \frac{\bar{X} - LIE}{\sigma}$$

Zs = Z superior

Zi = Z inferior

LSE = Limite superior de especificación.

LIE = Limite inferior de especificación.

Para tolerancias cuando la especificación es unilateral es decir hacia un lado la formula es:

$$Z = \frac{LE - \bar{X}}{\sigma}$$

Para el ejemplo en estudio:

$$Z_s = \frac{12 - 6.16}{1.98} = \frac{5.84}{1.98} = 2.95$$

$$Z_i = \frac{6.16 - 2}{1.98} = \frac{4.16}{1.98} = 2.10$$

**Paso 4: Calculo de la habilidad potencial del proceso.**

Otra forma de evaluar la habilidad del proceso es a través del parámetro Cp.

Cp = Habilidad potencial. La habilidad potencial se define como la comparación entre variación actual del proceso y la variación permitida por especificación

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$$

$$C_p = \frac{12 - 2}{11.88} = \frac{10}{11.88} = .84$$

<b>CODIGO</b> AC-03-002	<b>EDICION</b> 1	<b>NIVEL DE REVISION</b> N/A	<b>PAGINA</b> 21 de 35
----------------------------	---------------------	---------------------------------	---------------------------

<b>CODIGO</b> AC-FO-003	<b>EDICION</b> 1	<b>N. REVISION</b> N/A
----------------------------	---------------------	---------------------------

11.88 11.88

**Paso 5: Calculo de la habilidad real de proceso.**

Es necesario conocer cual es el potencial de habilidad del proceso, pero también es necesario evaluar la habilidad real del proceso lo cual es posible a través del parámetro Cpk y se calcula con la siguiente formula:

$$Cpk = \frac{Zmin}{3} = \frac{2.10}{3} = \boxed{.70}$$

**Paso 6: Evaluar y analizar los resultados en base a los limites de probabilidad y aceptación.**

Los valores de Cp y Cpk se tienen que comparar contra unos requerimientos mínimos y determinar si es hábil o no nuestro proceso.

Para Cp:

Si el valor de Cp es de :1.00 a 1.32 estará  $\pm 3\sigma$  y es hábil  
 1.33 o más estará  $\pm 4\sigma$  y es hábil

Si el valor de Cp es menor 1.00 el proceso se considera no hábil.

Para Cpk:

Si Cpk > 1.33 el proceso es hábil  $\pm 4\sigma$  con 99.997 % dentro de especificaciones.  
 Si Cpk es de 1.0 a 1.33 el proceso es hábil  $\pm 3\sigma$  con 99.73 % dentro de especificaciones.  
 Si Cpk es de .68 a .99 el proceso es no hábil  $\pm 2\sigma$  con 95 % dentro de especificaciones.  
 Si Cpk es < .67 el proceso es no hábil  $\pm 1\sigma$  con 68 % dentro de especificaciones.

Comparando los valores de nuestro ejercicio:

Cp = .84 proceso potencialmente no hábil

Cpk = .70 proceso realmente no hábil

**5.2.2.10. Recalculo de limites de control.**

Al iniciar el estudio de un proceso, deberán excluirse o eliminarse todos los puntos fuera de control para los cuales se encontraran las causas y estas fueron corregidas o eliminadas; recalculer y graficar el promedio del proceso y sus nuevos limites de control.

Debemos verificar que todos los puntos estén bajo control al recalculer los limites de control, repitiendo la secuencia de interpretación, corrección y recalculo, si esto fuera necesario.

Cuando se ha interpretado la gráfica y no se encuentran puntos fuera de los limites de control, adhesión a los extremos, serie corrida o tendencias, el proceso esta dentro de control estadístico, en caso contrario, debemos buscar la causa por la cual el proceso se encuentra fuera de control. Cuando se llegue a presentar esta situación, se usara el diagrama causa - efecto.

**5.5.3. Gráfica de lecturas individuales**

<b>CODIGO</b> AC-03-002	<b>EDICION</b> 1	<b>NIVEL DE REVISION</b> N/A	<b>PAGINA</b> 22 de 35
----------------------------	---------------------	---------------------------------	---------------------------

<b>CODIGO</b>	<b>EDICION</b>	<b>N. REVISION</b>
AC-FO-003	1	N/A

En algunos casos, es necesario que los controles de proceso estén basados en lecturas individuales, en vez de un subgrupo; esto sucedería cuando las mediciones son muy costosas o cuando la característica a medir en cualquier punto es relativamente homogénea.

En estos casos, gráficas de lecturas de control por lecturas individuales pueden ser construidas como se describe a continuación, pero es necesario tomar en cuenta las siguientes precauciones:

- Son poco sensibles a los cambios
- No proporcionan un cuadro completo de las variaciones en el proceso
- No es posible determinar la tendencia central de los elementos que se analizan
- No se puede obtener conclusiones consistentes si se emplean menos de 100 datos.

Cuando se ha interpretado la gráfica y no se encuentran puntos de fuera de los límites de control, adhesión a los extremos, series, corrida o de tendencia, el proceso está dentro de control estadístico, en caso contrario, debemos buscar la causa por la cual el proceso se encuentra fuera de control. Cuando se llegue a presentar esta situación, se usará el diagrama causa – efecto.

**5.5.4. Gráficas de control por atributos.**

Las gráficas de control por atributos al igual que las gráficas de control por variables, son de gran utilidad, ya que también nos proporcionan información relevante sobre el comportamiento del proceso, adicional a esto, los datos por atributos están disponibles siempre que exista una inspección de un producto. Sin embargo, su aplicación es diferente, por ejemplo, cuando solo tenemos dos posibilidades pasa/no pasa, buena/mala, presente/ausente, etc.

Existen cuatro tipos de gráficas de control por atributos, las cuales son las siguientes:

Gráficas p.- Para proporción de unidades defectuosas (cuando los tamaños de la muestra no son constantes).

Gráficas np.- Para número de unidades defectuosas (cuando los tamaños de la muestra son constantes):

Gráficas c.- Para números de defectos por unidad (para tamaños de la muestra constante).

Gráficas u.- Para número de defectos por unidad (para tamaños de la muestra no necesariamente constantes).

**5.5.4.1. Gráficas p.**

La gráfica p mide la fracción defectuosa o sea las piezas defectuosas en el proceso. Para su elaboración se debe seguir la siguiente secuencia:

**a) Recolección de datos**

Son los datos obtenidos al inspeccionar un lote o grupo de piezas, y se obtienen estableciendo la frecuencia de los subgrupos ya sea por hora, diaria, semanal, etc., y la cantidad a controlar.

Cuando el intervalo es pequeño y la muestra o grupo de piezas inspeccionadas grande, el sistema de retroinformación al proceso será mejor.

<b>CODIGO</b> AC-03-002	<b>EDICION</b> 1	<b>NIVEL DE REVISION</b> N/A	<b>PAGINA</b> 23 de 35
----------------------------	---------------------	---------------------------------	---------------------------

<b>CODIGO</b>	<b>EDICION</b>	<b>N. REVISION</b>
AC-FO-003	1	N/A

TAMAÑO DE LA MUESTRA	57	36	74	61	78	32	59	67	75	82		
CANTIDAD (np c)	2	1	2	5	1	2	3	6	7	9		
PROPORCION (p,u)												
FECHA												

**b) Calcular la proporción defectuosa**

La proporción defectuosa es el porcentaje de piezas defectuosas de una muestra o subgrupo utilizando la siguiente formula.

$$P = (np) / n$$

Donde:

P = proporción defectuosa promedios.

np = numero de piezas rechazadas.

n = numero de piezas inspeccionadas.

Empleando los valores del ejemplo anterior donde se muestra la colección de datos, para el subgrupo "a", será:

$$np = 2 \text{ y } n = 57 \text{ por lo tanto}$$

$$P = 2 / 57 = 0.0035$$

El valor que se obtiene de cada uno de los subgrupos se registra en la gráfica de la siguiente forma:

TAMAÑO DE LA MUESTRA	57	36	74	61	78	32	59	67	75	82		
CANTIDAD (np c)	2	1	2	5	1	2	3	6	7	9		
PROPORCION (p,u)	0.035	0.027	0.027	0.081	0.012	0.062	0.050	0.089	0.093	0.109		
FECHA												

**c) Calcular la proporción defectuosa promedio**

La proporción defectuosa promedio es el promedio de las proporciones promedio de cada uno de los subgrupos y se obtiene aplicando la siguiente formula.

$$\bar{p} = (np_1 + np_2 + np_3 + np_4 + \dots + np_k) / (n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + \dots + n_k)$$

np = numero de piezas defectuosas de cada subgrupo.

n = numero de piezas inspeccionadas de cada subgrupo.

k = numero de subgrupos.

Del ejemplo que a continuación se muestra tenemos:

$$\bar{p} = (2+1+2+5+1+2+3+6+7+9) / (57+36+74+61+78+32+59+67+75+82)$$

$$\bar{p} = 38 / 621 = 0.061$$

**d) Calculo de los limites de control.**

El calculo de los limites de control es la representación de la variación que puede esperarse en un proceso, y nos permiten interpretar el comportamiento del proceso.

Para su obtención se emplean las siguientes formulas:

$$\text{L.S.C. } p = \bar{p} + 3 \sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/\bar{n}}$$

$$\text{L.I.C. } p = \bar{p} - 3 \sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/\bar{n}}$$

Donde:

$\bar{p}$  = proporción defectuosa promedio.

$\bar{n}$  = tamaño de muestra promedio.

Para el ejemplo que se viene manejando  $\bar{n}$ , es:

$\bar{n}$  = numero de pieza inspeccionadas/ numero de subgrupos.

$$\bar{n} = (57+36+74+61+78+32+59+67+75+82) / 10 = 621 / 10$$

$$\bar{n} = 62.1$$

<b>CODIGO</b> AC-03-002	<b>EDICION</b> 1	<b>NIVEL DE REVISION</b> N/A	<b>PAGINA</b> 25 de 35
----------------------------	---------------------	---------------------------------	---------------------------

<b>CODIGO</b> AC-FO-003	<b>EDICION</b> 1	<b>N. REVISION</b> N/A
----------------------------	---------------------	---------------------------

La manera de llevar acabo él calculo de los limites de control es la siguiente:

Datos:

$$\bar{P} = 0.061$$

$$\bar{n} = 62.1$$

Sustituir los pasos de la formula

$$\text{L.S.C. } p = 0.061 + 3 \sqrt{0.061 (1-0.061) / 62.1}$$

Realizar la multiplicación que esta dentro de la raíz cuadrada:

$$0.061 (0.939) = 0.057$$

$$\text{L.S.C. } p = 0.061 + 3 \sqrt{0.0009}$$

Realizar la raíz cuadrada

$$\sqrt{0.0009} = 0.03$$

$$\text{L.S.C. } p = 0.061 + (3 \times 0.003)$$

Realizar la multiplicación ( 3 x 0.03) = 0.09

$$\text{L.S.C. } p = 0.061 + 0.09$$

Realizar la suma 0.061 + 0.09

$$\text{L.S.C. } p = 0.151$$

De esta manera él limite superior de control ha sido calculado.

Para calcular él limite inferior de control se puede emplear los mismos pasos anteriores o partir desde el sexto paso, como se indica a continuación:

$$\text{L.I.C. } p = 0.061 - 0.09$$

Como se puede observar el 0.09 resultado de haber realizado las siguientes operaciones:

$$3 \sqrt{0.061 (1 - 0.061) / 62.1} = 0.09$$

Por ultimo, se realiza la resta: L.I.C. p= 0.061 - 0.09 = -0.029

<b>CODIGO</b> AC-03-002	<b>EDICION</b> 1	<b>NIVEL DE REVISION</b> N/A	<b>PAGINA</b> 26 de 35
----------------------------	---------------------	---------------------------------	---------------------------

<b>CODIGO</b>	<b>EDICION</b>	<b>N. REVISION</b>
AC-FO-003	1	N/A

**e) Elaboración de la gráfica**

La secuencia para la elaboración de la gráfica es:

- Anotar los resultados de:  $\bar{p}$ , L.S.C., L.I.C. Y tamaño de muestra promedio en el espacio correspondiente.
- En la selección de la escala se emplea el mismo criterio que en la gráfica de rangos y promedios.

A continuación se muestra una gráfica completamente elaborada.

**f) Interpretación de la gráfica**

La interpretación de la gráfica sirve para identificar las variaciones anormales de un proceso y así poder generar las acciones correctivas necesarias en un proceso. Se utilizan las mismas reglas empleadas en las gráficas de control por variables o X-R.

**g) Calculo de la habilidad del proceso.**

Se calcula en base al siguiente procedimiento:

$$\text{Habilidad} = (1 - \bar{p}) = ( )\%$$

- 4 $\sigma$  = 99.997 % Proceso hábil.
- 3 $\sigma$  = 99.73 % Proceso hábil.
- 2 $\sigma$  = 95 % Proceso no hábil.
- 1 $\sigma$  = 68 % Proceso no hábil.

**5.5.4.2. Gráfica de control por atributos np.**

**a) Recolección de datos.**

La recolección de datos se hará en forma similar a lo descrito para la gráfica p.

**b) Calculo de la proporción defectuosa promedio.**

$$\bar{np} = \frac{np_1 + np_2 + np_3 + \dots + np_k}{K}$$

Donde:

$\bar{np}$  = proporción defectuosa promedio.

np = numero de piezas rechazadas.

K = numero de subgrupos.

**Calcular los limites de control**

$$\bar{np} \pm \sqrt{\bar{np}}$$

<b>CODIGO</b> AC-03-002	<b>EDICION</b> 1	<b>NIVEL DE REVISION</b> N/A	<b>PAGINA</b> 27 de 35
----------------------------	---------------------	---------------------------------	---------------------------

<b>CODIGO</b> AC-FO-003	<b>EDICION</b> 1	<b>N. REVISION</b> N/A
----------------------------	---------------------	---------------------------

$$L.S.C.np = np + 3 \sqrt{np(1 - np/n)}$$

$$L.I.C.np = \bar{np} - 3 \sqrt{np(1 - \bar{np}/n)}$$

Donde:

n = tamaño de la muestra .

$\bar{np}$  = proporción defectuosa promedio.

La elaboración de la gráfica así como la interpretación serán igual a la descrita para la gráfica p.

#### 5.5.4.3. Gráfica de control por atributos c

El gráfico de control por defectos c (para el número de defectos inspeccionados por lote) es empleado en un campo más restringido, sin embargo hay procesos en donde es el tipo de gráfico ideal a emplear.

La decisión de emplearlo se fundamenta en su utilidad (defectos clasificados según su importancia), y en ocasiones es la mejor técnica estadística en el problema que se presenta.

Se deben seguir los siguientes pasos para su elaboración:

- 1) Seleccione la frecuencia, el tamaño de muestra y obtención de datos (número de defectos).
- 2) Sacar la sumatoria del tamaño de muestra y la sumatoria del número de defectos.
- 3) Anote los tipos de defectos, la cantidad por cada subgrupo y la sumatoria por cada tipo de defecto.
- 4) Calcule el promedio del número de defectos ( $\bar{C}$ ).

$\bar{C}$  = Sumatoria del número de defectos / num. de subgrupos

- 5) Calcular los límites de control con las siguientes formulas:

$$LSC_C = \bar{C} + 3\sqrt{\bar{C}} \qquad LIC_C = \bar{C} - 3\sqrt{\bar{C}}$$

- 6) Localizar y graficar en forma continua los números de defectos de cada subgrupo.
- 7) Identificar el promedio del proceso y los límites de control en la gráfica.
- 8) Interpretación del control del proceso (puntos fuera, corridas, tendencias, etc.).
- 9) Cálculo de la habilidad del proceso

$$(1 - \bar{C})$$

<b>CODIGO</b> AC-03-002	<b>EDICION</b> 1	<b>NIVEL DE REVISION</b> N/A	<b>PAGINA</b> 28 de 35
----------------------------	---------------------	---------------------------------	---------------------------

<b>CODIGO</b> AC-FO-003	<b>EDICION</b> 1	<b>N. REVISION</b> N/A
----------------------------	---------------------	---------------------------

**5.5.4.4. Gráfico de control por atributos U.**

Los objetivos son similares a los de la gráfica C y se emplean en situaciones semejantes, cuando la muestra incluye más de una unidad ó el tamaño varia de muestra a muestra.

Es cierto que el estandarizar los valores requiere de tiempo y de constancia, pero es oportuno señalar que este método favorece el proceso y representa datos para decisiones futuras.

Para su elaboración se deben seguir los siguientes pasos.

- 1) Seleccione la frecuencia, el tamaño de muestra.
- 2) Realizar la sumatoria del tamaño de muestra y la sumatoria del numero de defectos.
- 3) Calcular la fracción defectuosa por cada subgrupo

$U = \text{numero de defectos} / \text{numero de unidades inspeccionadas}.$

- 4) Anote los tipos de defectos, la cantidad por cada subgrupo y la sumatoria por cada tipo de defecto.
- 5) Calcule el promedio del proceso ( $\bar{U}$ ).

$\bar{U} = \Sigma \text{numero de defectos} / \Sigma \text{tamaño de muestra}.$

- 6) Calcule la  $\bar{n}$  promedio con la siguiente formula:

$\bar{n} = \Sigma \text{tamaño de muestra} / \text{numero de subgrupos}.$

- 7) Calcular los limites de control con la siguiente formula:

$$LSC_U = \bar{U} + 3 \sqrt{\bar{U} / \bar{n}} \quad LIC_U = \bar{U} - 3 \sqrt{\bar{U} / \bar{n}}$$

- 8) Localizar y graficar en forma continua la fracción defectuosa de cada subgrupo.
- 9) Identifique el promedio del proceso y los limites de control en la gráfica.
- 10) Interpretación del control del proceso.

- 11) Calcular la habilidad del proceso

$$(1 - \bar{U}).$$

Se anexan formatos para la aplicación de los gráficos de control.

<b>CODIGO</b> AC-03-002	<b>EDICION</b> 1	<b>NIVEL DE REVISION</b> N/A	<b>PAGINA</b> 29 de 35
----------------------------	---------------------	---------------------------------	---------------------------

<b>CODIGO</b>	<b>EDICION</b>	<b>N. REVISION</b>
AC-FO-003	1	N/A

**CODIGO**  
AC-03-002

**EDICION**  
1

**NIVEL DE REVISION**  
N/A

**PAGINA**  
30 de 35

CODIGO	EDICION	N. REVISION
AC-FO-003	1	N/A

### 5.6. Siete herramientas administrativas y de planeación.

Las herramientas que se presentaran a continuación se emplean como complemento de las técnicas estadísticas, para el mejoramiento continuo y tienen como objetivo desarrollar habilidades para la planeación e implementación de planes de trabajo. Algunas de ellas fueron desarrolladas durante la segunda guerra mundial, otras son modificaciones de técnicas del mundo occidental que se combinaron con herramientas de planeación japonesas. Algunas actitudes que hay que tomar cuando se utilicen estas técnicas son:

- Confianza en las herramientas.
- Aprecio por la lluvia de ideas
- Disciplina.
- Paciencia.
- Habilidad para escuchar.
- Sentido común.
- Dedicación e integridad
- Flexibilidad.
- Creatividad.
- Persistencia.
- Respeto por las opiniones de los demás.

#### 5.6.1. Diagrama de afinidad.

El diagrama de afinidad es una herramienta útil para la identificación de temas principales de un grupo grande de ideas. Permite la agrupación de aquellas ideas que están naturalmente relacionadas e identifica el concepto que establece la relación entre los grupos. La herramienta se fundamenta en un proceso creativo, y crea el consenso a través de la clasificación de ideas en vez de discutir las.

Se puede utilizar cuando:

- Hay una situación de caos.
- El equipo se está ahogando en una gigante lista de ideas.
- Se requiere de pensamiento innovativo.
- Hay que identificar puntos o temas principales.

Para su elaboración se debe seguir la siguiente secuencia:

- a) Establecer el tema a ser considerado.
- b) Generar ideas y escribirlas.
- c) Colocar las ideas al azar en la superficie de trabajo.
- d) Clasificar las ideas por afinidad.
- e) Crear las tarjetas título.
- f) Acabados finales

El diagrama de afinidad es muy útil para determinar que es lo que se quiere decir en grupo, cual es su tendencia. Y en el caso de realización de mejoras es prácticamente el primer paso.

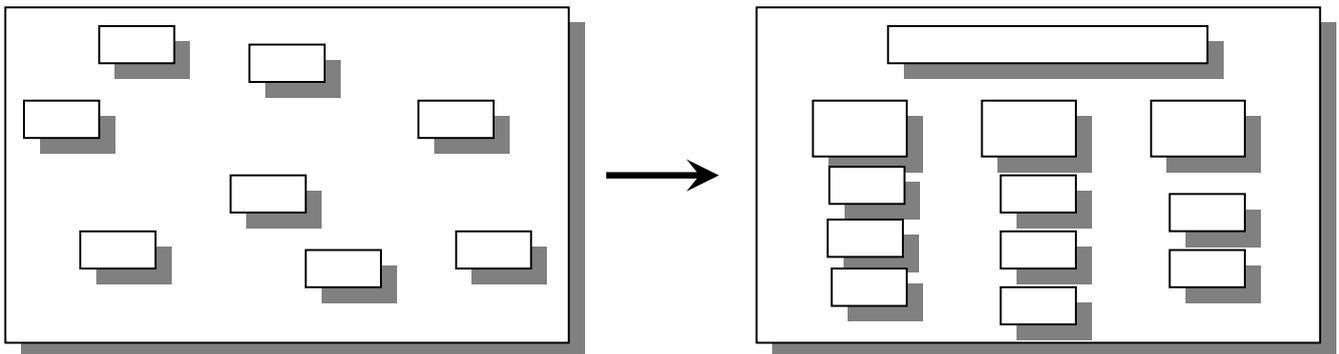
Las ideas obtenidas son datos verbales, por lo tanto deben escribirse tal como son dichas, no deben alterarse de ninguna manera. Algunos consejos para aplicar esta herramienta con éxito son los siguientes:

- No critique las ideas de los demás, trate de entenderlas.
- Escriba claro y utilice letras grandes.

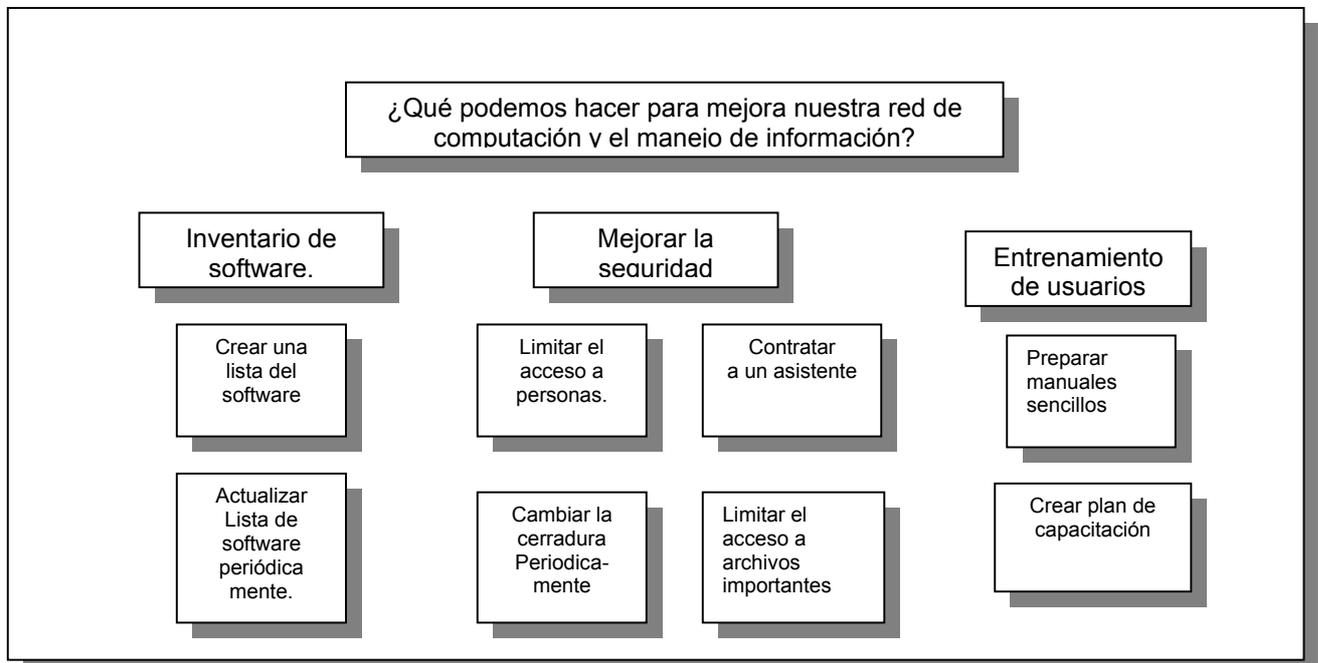
<b>CODIGO</b> AC-03-002	<b>EDICION</b> 1	<b>NIVEL DE REVISION</b> N/A	<b>PAGINA</b> 31 de 35
----------------------------	---------------------	---------------------------------	---------------------------

<b>CODIGO</b>	<b>EDICION</b>	<b>N. REVISION</b>
AC-FO-003	1	N/A

- Utilice un rotafolio u otra superficie similar para asegurar la visibilidad de las ideas.
- Mantenga el silencio durante la clasificación de ideas, solo converse durante la creación de las tarjetas titulo.
- Es posible que a veces necesite crear subgrupos de ideas.



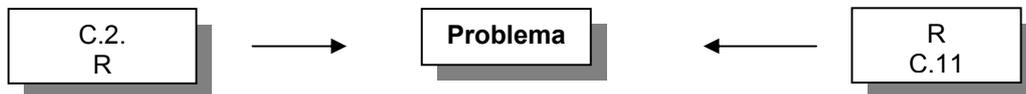
Ejemplo:



**5.6.2. Diagrama de relaciones.**

Es básicamente un método de inducción lógica que permite aclarar las dudas y sus relaciones para identificar, confirmar y seleccionar las causas originales más importantes que afecten a un problema en análisis. Se utiliza principalmente para resolver problemas complicados, estableciendo y aclarando las interrelaciones entre diferentes causas que afectan a un mismo resultado.

El diagrama de relaciones es la única herramienta para encontrar y confirmar causas más probables, cuando no podemos hacerlo mediante datos estadísticos, concretamente este diagrama es de apoyo al diagrama causa – efecto.



C = Causa  
R = Resultado

**5.6.3. Diagrama matricial.**

Es un método para organizar datos verbales con la finalidad de establecer conclusiones para resolver o prevenir problemas, a través de relacionar diferentes factores o elementos de ciertos factores.

Es una tabla de datos, que muestra la relación entre los diferentes elementos de dos eventos o aspectos, relacionándolos en renglones y columnas en forma de matriz. Esto permite analizar la relación que existe entre dichos elementos con el fin de establecer conclusiones en función de sus intersecciones.

Este diagrama debe utilizarse para separar hechos de simples opiniones, ya que organiza datos verbales lógicos, es decir que muestra la relación entre objetivos y medios.

	B			
A	B1	B2	.....	Bn
A1				
A2		●		
.				
.				
.				
An				

En la intersección se analiza la relación

**5.6.4. Análisis matricial de variaciones.**

El análisis matricial de variaciones es un método cuya finalidad es identificar y seleccionar causas potenciales para prevenir problemas o asegurar resultados de un proceso o sistema. Consiste en relacionar las diferentes variaciones de un proceso en forma de matriz.

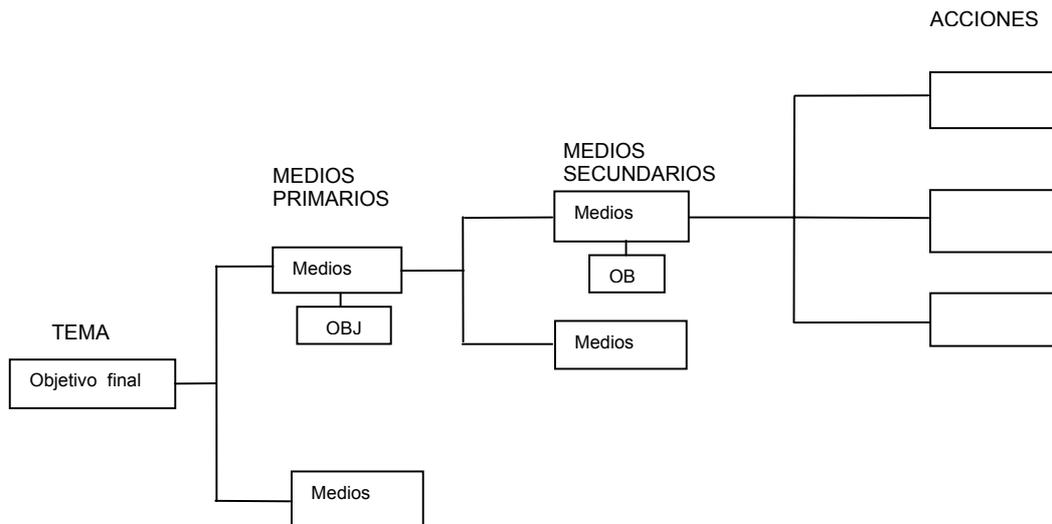
Es una herramienta indispensable para identificar variaciones en las diferentes fases de un proceso y así poder prever el control necesario para asegurar la calidad.

La matriz de variaciones sirve para:

- a) Separar hechos de opiniones.
- b) Ponerse de acuerdo sobre como debe trabajar un proceso o sistema aclarando sus interrelaciones.
- c) Identificar variaciones a controlar.

**5.6.5 Diagrama de árbol.**

El diagrama de árbol es un método para definir los medios para lograr una meta u objetivo final. Implica desarrollar un objetivo en una serie de medios de multietapas:



Concretamente los usos de este diagrama son los siguientes:

- a) Desarrollar un objetivo en una serie de medios para lograrlo.
- b) Definir las interrelaciones entre las metas y los medios.
- c) Establecer la secuencia a seguir en las acciones.
- d) Aclarar perfectamente la razón de ser de cada acción.

El punto central de esta herramienta es concentrarse en definir o establecer los medios, visualizando exclusivamente ideas relacionadas con medios para producir un efecto.

<b>CODIGO</b> AC-03-002	<b>EDICION</b> 1	<b>NIVEL DE REVISION</b> N/A	<b>PAGINA</b> 34 de 35
----------------------------	---------------------	---------------------------------	---------------------------

<b>CODIGO</b>	<b>EDICION</b>	<b>N. REVISION</b>
AC-FO-003	1	N/A

### 5.6.6. Diagrama de contingencias.

Es una herramienta muy útil para mapear posibles eventos y contingencias que puedan ocurrir en cualquier plan de actividades. El diagrama ayuda a identificar acciones preventivas que complementan el plan original.

Este diagrama se puede utilizar cuando:

- La actividad a realizar es nueva, única, o ha sido sustancialmente revisada.
- La tarea es compleja y el riesgo del fracaso es alto.
- El plan de actividades ha de llevarse a cabo bajo un estricto calendario.
- Existen problemas con razonables posibilidades de ocurrencia.

Para su elaboración se debe determinar la secuencia básica de las actividades y posteriormente hacerse las siguientes preguntas:

- 1.- ¿Qué podría ocurrir para que la actividad no se pueda llevar a cabo exitosamente?.
  - 2.- ¿Qué medidas de prevención podemos adoptar para evitar que ocurran las contingencias identificadas?.
- Posteriormente hay que seleccionar las medidas mas razonables para su construcción.

Algunos consejos para la utilización de esta herramienta son:

- Solo generar contingencias razonables.
- Utilizar el sentido común.
- Identificar medidas preventivas que se repitan que puedan ofrecer múltiples beneficios.

La forma del diagrama de contingencias es similar al de un diagrama de árbol solo que las actividades van acompañadas de la posible medida correctiva o preventiva a tomar en caso de error.

### 5.6.7. Diagrama de flechas.

Es una herramienta muy útil para planear el calendario más apropiado para tareas complejas y todas las subtareas asociadas. El diagrama de flechas determina el tiempo total necesario para completar un plan de trabajo, y permite identificar aquellas acciones críticas para un final a tiempo.

Este diagrama se puede utilizar cuando:

- La tarea a llevarse a cabo es compleja.
- Las subtareas son conocidas y se pueden estimar los tiempos de duración.
- El plan de trabajo es crítico para la organización.
- Hay que coordinar la implementación de actividades simultaneas.

Para su elaboración se deben seguir los siguientes pasos:

- 1.- Escribir claramente todas las actividades del plan de trabajo.
- 2.- Ordenar las acciones de acuerdo a una secuencia lógica.
- 3.- Definir la duración de cada actividad.
- 4.- Calcular los tiempos de comienzo y culminación optimistas y los pesimistas para cada actividad.
- 5.- Identificar las actividades que se pueden relajar.

Es importante que se conozcan bien los detalles relacionados con el plan de trabajo.

<b>CODIGO</b> AC-03-002	<b>EDICION</b> 1	<b>NIVEL DE REVISION</b> N/A	<b>PAGINA</b> 35 de 35
----------------------------	---------------------	---------------------------------	---------------------------

<b>CODIGO</b>	<b>EDICION</b>	<b>N. REVISION</b>
AC-FO-003	1	N/A

**6. Referencias.**

- 6.1. Procedimiento maestro para elaborar procedimientos, Código AC-01-001.
- 6.2. Procedimiento de control de documentos y datos, Código AC-01-002.
- 6.3. Procedimiento de implantación de técnicas estadísticas, Código AC-01-009.

**7. Anexos.**

<b>Anexo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Código</b>
A	<a href="#">Gráfica de promedios y rangos</a>	AC-FO-028
B	<a href="#">Gráfica de lecturas individuales</a>	AC-FO-029
C	<a href="#">Gráfica de control por atributos</a>	AC-FO-030

**8. Registros de calidad.**

Evidencia de uso de las distintas técnicas estadísticas.

**9. Distribución.**

Este procedimiento se distribuye en forma controlada y con acuse de recibo al Director General y a todos los Gerentes de Proyecto de **DTP Consultores**.

<b>CODIGO</b> AC-03-002	<b>EDICION</b> 1	<b>NIVEL DE REVISION</b> N/A	<b>PAGINA</b> 36 de 35
----------------------------	---------------------	---------------------------------	---------------------------

<b>CODIGO</b>	<b>EDICION</b>	<b>N. REVISION</b>
AC-FO-003	1	N/A