

Capítulo II

Marco teórico

II. Marco teórico

2.1 Concepto de Calidad

¿Qué es la Calidad?

La calidad se puede definir de muchas maneras, el término calidad (del latín *Cualita*) actualmente se puede relacionar con muchos aspectos, en algunos definiéndose, como: el conjunto de propiedades que adquiere un producto o servicio, que satisfacen nuestras expectativas o necesidades, la calidad se entiende distinto para cada persona, ya que para algunos la calidad está implícita en un producto y en otros en un servicio, dependiendo de la percepción del usuario o cliente, o bien: la capacidad de lograr los objetivos planteados. Actualmente esta palabra se escucha con frecuencia en todos los sectores de producción, de servicios y tecnológico.

La norma de la Organización Internacional para la Estandarización (*ISO*), quien es la mayor entidad encargada de los estándares de calidad a nivel mundial, con presencia en 161 países (incluyendo México) y con sede en Geneve, Suiza, define calidad como:

“El conjunto de características conjuntas de una entidad que le otorgan la capacidad de satisfacer las necesidades de un usuario”.¹, o bien según Joseph Juran: *“Calidad es adecuación al uso del cliente”*.²

Desde una perspectiva guiada a la producción se define como: la conformidad en el producto, el cual este, cumple con las especificaciones de diseño y que con estas se encontrara la satisfacción en el usuario, cumpliendo sus expectativas, siendo así controlado por reglas que garanticen la calidad del mismo.

¹ Norma Internacional ISO [En línea], disponible en: <http://www.iso.org> (consultado el 25 de noviembre de 2010).

² JURAN J.M, Gryna F.M, Análisis y planeación de la calidad, 4 ta. edición, Mc. GrawHill, México, 1999. pág. 3

2.2 Control estadístico de calidad

El *control estadístico de calidad* integra técnicas probabilísticas y estadísticas que son encausadas a la fabricación y mejoramiento de un producto o servicio determinado. Esta técnica es un indicador de las variaciones en términos de calidad de un producto y se apoya en que la calidad puede cuantificarse y controlarse, y a través de los datos obtenidos, se tomen decisiones acerca del proceso.

Aplicando esta metodología se espera una variación con respecto a un resultado deseado. Es posible que no la haya; si es así, el proceso está controlado, pero si esta variación es superior a los límites especificados para la elaboración de ese producto, se revalora el proceso. Esta es una herramienta de gran ayuda para la empresa que se inspecciona, pues aunque el proceso verificado sea automatizado habrá siempre variaciones y por lo tanto, diferencias entre un producto y otro.

Las acciones que se tomarían, dependiendo; si el proceso se encuentra dentro de las especificaciones del producto, no se considera tomar acciones, y si salen de estas, se toman acciones correctivas en la forma de que se produce o los materiales adquiridos.

Los métodos o técnicas utilizadas en el control estadístico de calidad, son principalmente cimentados en cálculos de probabilidades y por consecuencia se utilizan modelos matemáticos para la solución de los mismos. Con la experiencia de los expertos en control de calidad la mayoría de los procesos se asemejan a una distribución normal (*fig. 2.1*).

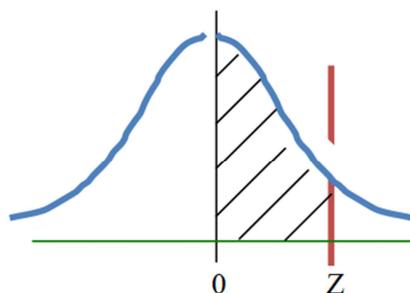


fig.2.1 Campana de distribución normal

2.3 Repaso histórico

El pionero en aplicar esta metodología, fue Walter A. Shewhart, en su estancia en la empresa Bell telephone laboratories. En un memorando escrito en el mes de mayo del año de 1924, Shewhart realizó el primer esbozo de un moderno diagrama de control, y en 1931 publicó un libro acerca de este tema, con el título de *Economic control of quality of manufactured product*.

En los primeros años de la década de 1930 los investigadores de Bell system en colaboración con la American Society for Testing and Materials (ASTM), la American Standards Association (ASA) y la American Society of Mechanical Engineers (ASME) emprendieron la tarea de divulgar los nuevos métodos estadísticos.

El auge de este procedimiento se dio después de la culminación de la Segunda Guerra Mundial (1939-1945), pues la enorme producción en masa, obligó a que hubiese un seguimiento en la elaboración de los productos y que cumplieran con las especificaciones requeridas. La inspección la realizaban especialistas en bases estadísticas y probabilísticas, en *muestreo de aceptación y gráficos de control*.

2.4 Contribución del control estadístico de calidad

La contribución es verificar que los productos cumplan con las especificaciones, por medio de la inspección por muestreo, sin la necesidad de revisar cada producto de todos los lotes de producción. Las ventajas de la inspección por muestreo son: la rapidez en la detección de variaciones, la disminución de costos y tiempo.

2.5 Procedimientos establecidos para el control estadístico de calidad

Estos se apoyan en los principio de: que todo proceso (como el de manufactura al que nos referimos en este trabajo) hay variaciones, ya sea de la maquinaria, el material, recursos humanos o la calidad del producto, es decir:

- Procedimientos (movimientos, indicaciones)
- Naturaleza del material a utilizar
- Recursos humanos (operarios, empacadores, etc.)
- Herramienta y maquinaria

2.6 Técnicas utilizadas para el control estadístico de calidad

Las técnicas más utilizadas en el control estadístico de procesos, se pueden enumerar en tres diferentes grupos:

- I. Muestreo de aceptación.
- II. Gráficos de control.
- III. Diagramas de distribución de frecuencias.

En este plan de inspección se utilizan sólo dos técnicas aplicadas al control de calidad: **muestreo de aceptación y gráficos de control.**

2.7 Características de la calidad

Son las que influyen al elegir la técnica adecuada de control estadístico. Éstas se dividen en: variables y atributos.

Por variables: Se define cuando se lleva un registro de la producción del lote a inspeccionar y ésta puede ser comparada con la anterior.

Por atributos: Cuando se lleva un registro únicamente de los artículos inspeccionados y si cumple con las características o no (aceptados o rechazados), es decir: el artículo posee o no los atributos que se le requieren.

2.8 Muestreo de aceptación

Es una herramienta que se dedica a inspeccionar lotes de muestras, dependiendo de diferentes criterios, donde se inspecciona la calidad de estas y se decide si se acepta el lote o no, esta decisión se basa sobre los resultados de las pruebas, esta inspección se puede realizar en las diferentes etapas de la producción, desde la recepción de materiales, en el proceso de manufactura, al finalizar este, o hasta cuando el producto es adquirido por el consumidor. Esta inspección se basa sobre muestras de productos, teniendo en cuenta que el producto rechazado no se elimina, se examina y se le agregan mejoras para que cumpla con las especificaciones.

2.9 Objetivo del muestreo de aceptación

El objetivo es el determinar la mejor manera de actuar, esto sin involucrarse en la calidad del producto en el lote inspeccionado. Además esta herramienta se usa para inspeccionar y mejorar la calidad del producto, cumpliendo con los requisitos especificados.

Esta metodología es muy útil en las siguientes situaciones:

1. Cuando la prueba es destructiva. (cuando el producto es destruido por causa de la inspección.)
2. Cuando el costo de la inspección total (100%) es demasiada costosa.
3. Cuando el proceso de inspección no es factible; por ejemplo que la producción en masa sea afectada por la inspección.
4. Cuando la inspección es extenuante, artículos muy grandes o pesados.
5. Cuando hay riesgos con la calidad del producto, por ejemplo en muelles de camión los cuales son de suma importancia para el buen funcionamiento del mismo.

2.10 Ventajas y desventajas del muestreo de aceptación

Las siguientes ventajas y desventajas, son dadas al aplicar una inspección al 100%, contra un muestro de aceptación. Las ventajas que son las siguientes:

- Los daños en el producto son mínimos.
- Su costo es más bajo.
- El personal que se requiere es mucho menor.
- Se pueden hacer pruebas destructivas al producto a inspeccionar.
- La mayoría de las inspecciones son tomadas en un tiempo relativamente corto.

Pero las desventajas de aplicación de esta herramienta son:

- Se tiene menos información acerca del lote a inspeccionar.
- Existe el riesgo de aceptación de malos lotes o rechazo de lotes que cumplan con las especificaciones.
- Este necesita una documentación del proceso y una planeación de la inspección.
- Se requiere de herramientas más sofisticadas para realizar la inspección debido a que relativamente son pocas pruebas.

2.11 Tipos de planes de muestreo

Existen tres diferentes tipos de muestreos; éstos se deciden a través del nivel de calidad que se necesite y son los siguientes:

1. Plan de muestreo simple
2. Plan de muestreo doble
3. Plan de muestreo múltiple

2.11.1 Plan de muestreo simple

Este plan es de los más utilizados debido a que no es muy complejo. Se trata de tomar una muestra aleatoria de tamaño n , con la que se evalúa y se da el criterio de aceptar o rechazar el lote.

La metodología que se realiza al aplicar este plan es la siguiente:

- Se selecciona una muestra de tamaño n .
- Se realizan las inspecciones y mediciones correspondientes de ese lote, revisando las características de cada artículo inspeccionado y a través de normatividad se decide si el lote se acepta o se rechaza.

2.11.2 Plan de muestreo doble

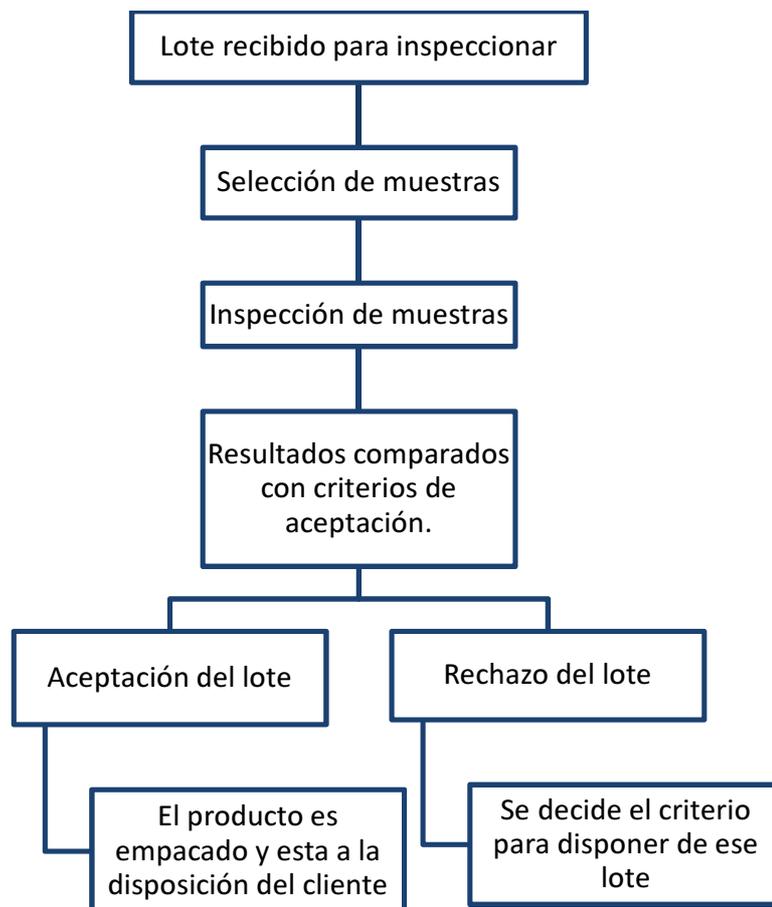
A comparación del primer plan, éste es más complicado debido a que muchas veces no es suficiente con una muestra, debido a que el criterio que utiliza es de tomar una primera y a través de esta se decide si se rechaza el lote se acepta, o se toma otra muestra, si no está claro el criterio.

2.11.3 Plan de muestreo múltiple

Se lleva a cabo cuando la inspección es más estricta y cuando es necesario tomar más de dos muestras, para decidir si se acepta o se rechaza el lote. Dependiendo de la calidad que se requiera el producto (entre menos calidad se requiera en nuestro lote menos muestreos se necesitaran).

2.12 Metodología de la inspección de un lote

A continuación se muestran los pasos que se aplican al realizar un muestreo de aceptación:



✓ *Recomendación:*

Aunque esta metodología tiene el objetivo de aceptar o rechazar servicios o productos, no estima la calidad final éstos últimos, ya que no se deben utilizar técnicas de muestreo para la valoración de una sólo característica de calidad.

Los términos que se van a utilizar y las abreviaturas correspondientes al *muestreo de aceptación* son:

N = *Número de piezas del lote a inspeccionar*

n = *Número de piezas en la muestra*

D = *Número de piezas defectuosas (no cumplen con las especificaciones indicadas).*

c = *Número para aceptación; el número máximo permisible de piezas defectivas en una muestra de tamaño n.*

Ac = *Número de piezas aceptadas*

Re = *Número de piezas rechazadas*

El muestreo de aceptación de este proyecto se realizará en dos áreas: recepción de materia prima y producto terminado, aunque este plan se pueden realizar en cualquier parte de la producción desde la adquisición del material, pasando por el maquinado del mismo hasta en el área de producto terminado.

2.13 Muestreo de aceptación por atributos aplicando la norma military standard 105 D

Esta técnica surgió al mismo tiempo que del control estadístico, a finales de la Segunda Guerra Mundial, en Estados Unidos de América y rápidamente se distribuyó a lo largo del continente (*Canadá*) y de Europa (*Reino Unido*). Esta norma fue publicada en 1963 para homogenizar procedimientos de inspección de los países en cuestión. En 1971 fue adjunta a la American National Standard Institute, mejor conocida como ANSI Standard Z1.4. Más adelante, en 1973, la International Organization of Standardization la adoptó llamándola norma ISO 2859.

En ellas, el término de unidad disconforme es tomado como unidad defectuosa. La terminología utilizada en esta norma se basa en niveles de calidad aceptables (*NCA*) o AQL (Acceptable Quality Level) en sus siglas en inglés, donde especificaciones del producto son dadas por el proveedor o por el cliente.

Esta norma no dice textualmente el tamaño de lote ni el tamaño de muestra del mismo, sólo nos da el criterio de aceptación o rechazo con letras código y tablas experimentales.

Pasos para la utilización de la Norma Mil. Std. 105D:

1. Decisión del Nivel de Calidad Aceptable (NCA).
2. Decisión del nivel de inspección: normal, reducido o severo
3. Determinación del tamaño de lote.
4. Planificación del plan de muestreo a utilizar: simple, doble o múltiple
5. Inspección del lote.
6. Consulta de la norma mil. std. 105D y encontrar la letra código para el tamaño de muestra que adquirimos.
7. Tomar la decisión de aceptar o rechazar el lote dependiendo de esta norma.

2.14 Inspección:

La inspección es el proceso de comparar características de un producto o servicio, con un patrón o norma. El resultado de esta es la asignación de artículos por categorías, resumiéndose en:

- a) Artículos que cumplen las especificaciones dadas.
- b) Artículos fuera de las especificaciones:
 - Que se pueden volver a procesar
 - Desperdicios de pruebas destructivas o material defectuoso
- c) Artículos que rebasan especificaciones.

La inspección como tal no agrega valor a la calidad del producto, ya que esta no modifica sus características físicas. Este sólo se consigue después de la inspección proponiéndose mejoras, desde el material utilizado, hasta el manufacturado del mismo.

En un principio la inspección era colocada al final del proceso productivo para garantizar la calidad del artículo y que este al ser adquirido por los clientes satisficiera sus necesidades.

2.14.1 Procedimientos de inspección

Algunos autores recomiendan que para la inspección se sigan estos tres pasos:

1. Planeación
2. Ejecución
3. Control

Éstas permiten visualizar las estaciones más indicadas para realizar la inspección, estableciendo las instrucciones que el inspector debe realizar, además de la designación del personal que ejecutara la inspección, instrucciones necesarias, herramientas a utilizar y los medios para realizarla.

2.14.2 Localización de estaciones de inspección

Éstas se pueden ubicar en cualquier parte del proceso. Las más comunes son:

- Al recibir materia prima
- Durante el proceso de fabricación
- En el área de producto terminado

En cada punto inspeccionado se indica generalmente:

- Las características del producto a verificar
- Método empleado para verificar
- Muestra
- Frecuencia con la que se realiza
- Acción correctiva

Estas zonas no deben de ser fijas; algunos autores proponen que el inspector realice la inspección en varios puntos de la cadena productiva.

2.15 Nivel de inspección

Este es el rigor con el que se van a revisar la muestras obtenidas, en la Norma Mil. Std. 105D comprenden tres diferentes tipos de inspección que son:

1. Nivel I reducida
2. Nivel II normal
3. Nivel III estricta o severa

Estos criterios dependen de la confianza que el proveedor tiene en su producto.

2.15.1 Inspección reducida

Esta inspección es menos severa que la normal; pasa cuando los resultados de la inspección de un determinado número de lotes permiten suponer que el nivel de calidad de la producción es alto, por lo que la confianza en términos de calidad del producto es buena.

2.15.2 Inspección normal

Esta se utiliza cuando el proveedor del lote a inspeccionar es nuevo, por lo que no se tiene antecedentes en términos de calidad de éste. Esta inspección puede cambiar a reducida en el dado caso que se tuviese un historial de los lotes ya inspeccionados anteriormente, específicamente cuando:

- El historial tenga más de diez lotes inspeccionados y aceptados
- Que exista una metodología de la producción de esos lotes
- Que la producción de lotes sea fija.

2.15.3 Inspección estricta o severa

Se realiza cuando la inspección de un determinado número de lotes permite suponer que el nivel de calidad de la producción es bajo.

2.16 Finalización, ejecución y decisión de la inspección

El propósito de la inspección es la aceptación o el rechazo del producto, evaluando la calidad, o bien que cumpla con los estándares y si no es así es rechazado, entre otras decisiones, como son:

1. **Conformidad del producto:** Se juzga, si éste confirma las especificaciones.
2. **Adecuación del producto:** Si es adecuado para el uso.
3. **Comunicación:** Es la decisión de comunicar interna y externamente.

Mediante los resultados obtenidos, se da una solución al lote inspeccionado, dependiendo si es aceptado o rechazado. En el mejor de los casos, si se tiene una estadística de anteriores lotes, se puede hacer un punto de comparación.

2.17 Gráficos de control

Otra herramienta que es primordial en este análisis es el *gráfico de control* de Walter A. Shewhart (1891-1967), en el cual establece un determinado tipo de comportamiento con respecto a una variación cuantificada de tiempo.

Ésta técnica de diagnóstico, con la que supervisará el proceso que pretendemos saber si está o no bajo control. Esta es utilizada en la industria para identificar inestabilidad y anomalías en la producción.

Con estos *gráficos de control* se muestran variaciones en la calidad se puede utilizar en el principio o en el final de un proceso, detectando las variaciones y corrigiéndolas. Estos defectos un determinado proceso, detectarlos mejora del mismo.

El objetivo de los gráficos de control es proporcionar datos, los cuales se atribuyen a las variaciones durante un proceso donde se analizan datos, con estos se demuestra que el proceso se encuentra bajo control de las máximas y mínimas especificaciones impuestas por la producción, además este tiene como objetivo homogenizar procesos, esto se logra graficando el desempeño con respecto a **límites de control**, los cuales son establecidos de manera que estos son calculados mediante probabilidades, a continuación se muestra un ejemplo de un gráfico de control:

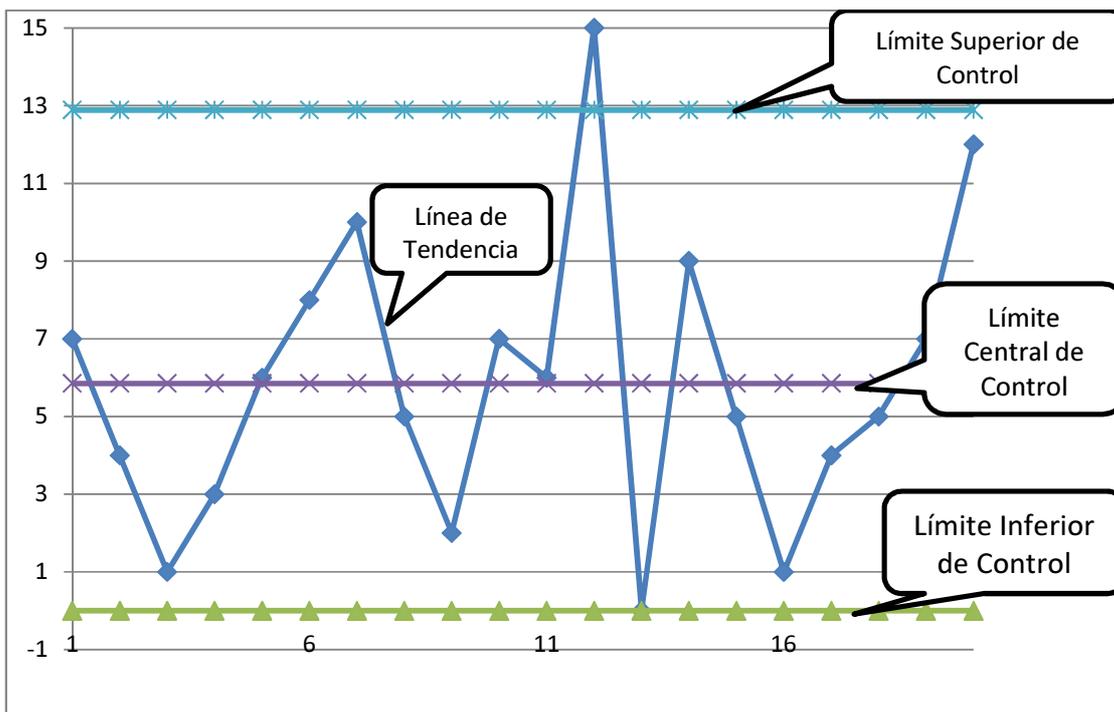


fig. 2.2. Ejemplo de gráfico fuera de control, mostrando límites: superior, central e inferior.

En el ejemplo anterior se muestra un gráfico de control, el cual el proceso mostrado no está dentro de los estándares establecidos por los límites de control. Cuando alguna parte del proceso está fuera de estos límites se dice: *que el proceso está fuera de control*, por lo idealmente se detiene el proceso y se analiza para encontrar la anomalía y corregirla.

Este método es capaz de detectar situaciones adversas a un proceso, donde pueden estar afectando directa o indirectamente la calidad final del producto y nos permite actuar cuando deben de emprenderse acciones preventivas o correctivas para mejorar el proceso y por consecuencia el producto final.

2.18 Tipos de gráficos de control

Los gráficos de control se dividen en dos: por variables y por atributos, dependiendo sus características las cuales se presentan a continuación:

- a) Gráficos por atributos:** Esta categoría clasifica mediante el criterio de conforme o disconforme con respecto al producto a inspeccionar, teniendo en cuenta los estándares establecidos y las características de calidad, aplicando este criterio, por ejemplo: de cada pieza inspeccionada defectuosa o no en una característica, pero cumple con otras. En otro caso una pieza puede tener una o varias anomalías.

Para este caso se utilizan distintos gráficos de control, para el primero: *gráfico de fracción disconforme* y para el caso de varios defectos se utiliza el *gráfico de control de disconformidades*.

Resumiendo los antes mencionados:

- Gráfico de control para fracción disconforme también llamado *gráfico de control p*.
- Gráfico de control para disconformidades o también llamado *gráfico de control c*.
- Gráfico de control para número de unidades no conformes *gráfico de control np*.

En el siguiente cuadro se muestran los gráficos de control para datos por conteo o atributo:

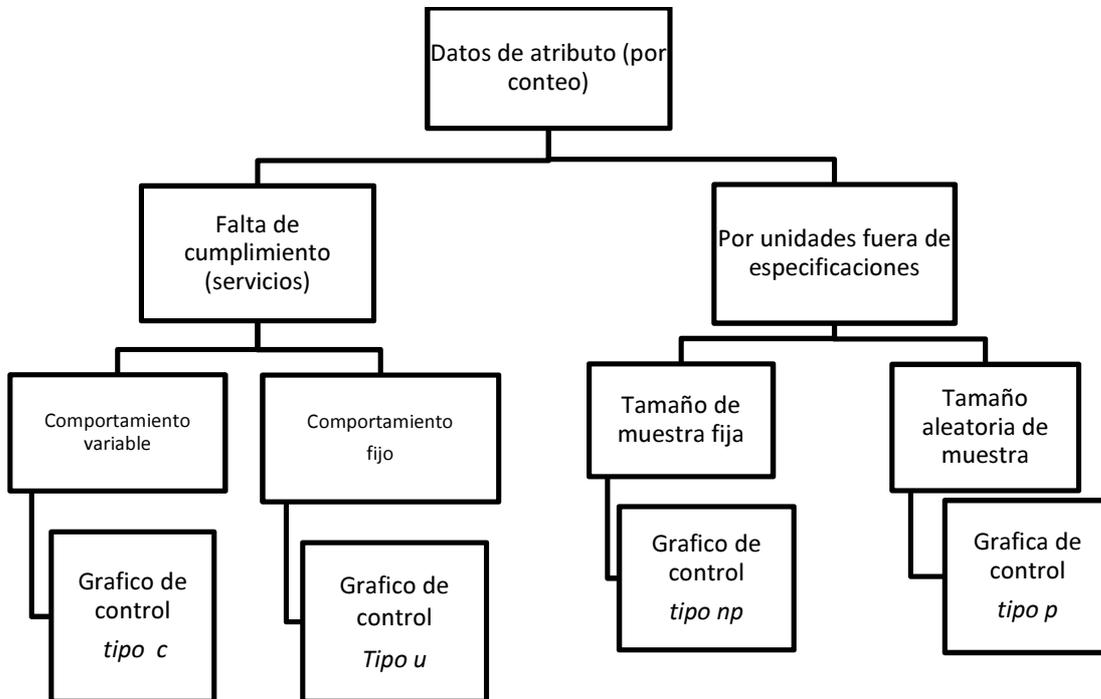


fig. 2.3. Gráficos de control por atributos

Gráfico de control c.- Este gráfico agrupa términos para tomar la decisión de aceptar o no, dependiendo las especificaciones, pero con la diferencia de que todas las muestras tienen que ser del mismo tamaño, este se utiliza cuando las disconformidades están dispersas en el flujo de la producción, donde “c” es el número de disconformidades.

Gráfico de control u.- Este se emplea cuando hay varias disconformidades independientes una de otras en la misma unidad, ya sea de producto o servicio, donde “u” es el número de disconformidades de una unidad.

Gráfico de control np.- Podría tener una equivalencia con el diagrama de control anterior pero con la corrección de aplicarse solamente cuando las muestras “n” son del mismo tamaño.

Gráfico de control p.- Este clasifica las unidades a inspeccionar que cumple o no con las especificaciones (pasa o no pasa), y para este no es necesario que las muestras sean del mismo tamaño, y se localiza el punto de la producción donde el proceso arroja defectos.

b) **Gráficos por variables:** Este se utiliza para mediciones, por ejemplo, para cumplir las especificaciones de baleros para automóviles donde las mediciones se realizan en función de una distancia esta es en *mm* (*milímetros*), enseguida se explica que se hace y que diagramas se pueden utilizar:

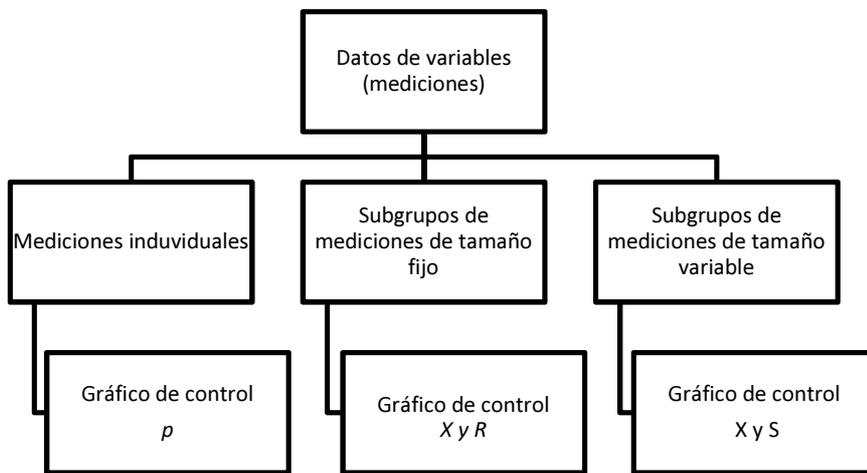


Fig. 2.4 Gráficos de Control por Variables.

A continuación se resumen la función del gráfico que se utilizará para la inspección:

2.19 Gráficos de control $\bar{X}R$

Los gráficos $\bar{X}R$ están representados por promedio de muestras (*gráfico \bar{X}*) y por medio de rangos (*gráfico R*). Éstos se deben de construir juntos ya que en el gráfico \bar{X} nos muestra variación en la media del proceso y el gráfico R , nos muestra la variación en el proceso, para determinar las medias (\bar{X}) y los rangos (R) de las muestras se basan en datos de la producción previamente adquiridos.

Algunos puntos a considerar antes de la elaboración de estos gráficos de control son:

- Tener el criterio adecuado para decidir si es que conviene investigar posibles variaciones en el proceso de producción.
- Determinar el o los dispositivos que se utilizaran en la inspección, estos dispositivos deben también de ser inspeccionados.
- Tener un tamaño de muestra n , midiendo las características a inspeccionar y anotando los resultados.
- A través de las muestras se obtiene un valor medio o promedio de la misma \bar{X} :

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n_i}$$

Dónde x_i son los datos de la producción, ya sean medidas, distancias, etc., y n_i es el total de esos datos.

- Tener los datos de las variables a considerar porque con ellos se estima el margen de variación del Rango R .
- Con los valores de medias y rangos se estiman promedios de cada uno de ellos llamándolos *Promedio de Medias $\bar{\bar{X}}$ y Promedio de Rangos \bar{R}* .
- Se selecciona una serie de valores establecidos llamados factores de conversión de límites de control de los gráficos $\bar{X} R$.
- A continuación se calculan los límites de control superior e inferior correspondientes a la media con las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} \text{LSE } \bar{X} &= \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} \\ \text{LIE } \bar{X} &= \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} \end{aligned}$$

Dónde se calculan los límites de control superior e inferior de desviaciones del rango;

$$LSE R = D_4 \bar{R}$$

$$LIE R = D_3 \bar{R}$$

Dependiendo el número de muestras, se ocuparan distintos factores para la creación de estos gráficos:

| Muestra <i>n</i> | Diagrama de medias <i>A</i> ₂ | Factor para límite de control <i>D</i> ₃ | Factor para límite de control <i>D</i> ₄ | Factor para límite central <i>d</i> ₂ |
|---------------------|---|---|---|--|
| 2 | 1.88 | 0 | 3.27 | 1.128 |
| 3 | 1.02 | 0 | 2.57 | 1.693 |
| 4 | 0.73 | 0 | 2.28 | 2.059 |
| 5 | 0.58 | 0 | 2.11 | 2.326 |
| 6 | 0.48 | 0 | 2 | 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 | 2.97 |
| 10 | 0.31 | 0.22 | 1.78 | 3.078 |

Tabla 2.1. Factores para construir diagramas de control