

4. HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS

4.1 Definiciones

La mayor parte de las decisiones se toman en función de la calidad, como en la mayoría de las demás áreas del moderno esfuerzo humano (por ejemplo, en la evaluación de nuevos tratamientos médicos y de máquinas de exploración, en la planificación de valoraciones científicas, en el marketing, en las estrategias de inversión, etc.) reposan en una base estadística que podemos definir brevemente como el levantamiento, análisis e interpretación de datos, o de modo más general, como la "ciencia de la toma de decisiones en la incertidumbre". Para los profesionales, la estadística puede considerarse como un conjunto de herramientas que ayudan a resolver problemas.

4.2 Definición de términos

1. Población : Conjunto de seres u objetos que poseen características comunes.
2. Lote : Conjunto de artículos o unidades producidas a través de un mismo proceso de fabricación. Una entrega de materiales se considera como un lote.

3. Muestra : Parte de una población o subconjunto de un conjunto de unidades, obtenidas con el fin de investigar las propiedades de la población o conjunto de procedencia. El número de unidades de la muestra se denomina tamaño de muestra.
4. Muestreo : Técnica que consiste en seleccionar un número reducido de elementos, de tal manera que las conclusiones que se obtengan pueden ser generalizadas al universo de origen.
5. Atributo : Característica cualitativa de los materiales perceptible por los sentidos.
6. Inspección : Es el proceso que consiste en medir, examinar, ensayar o comparar de algún modo, la característica especial de interés con respecto a los requisitos establecidos.
7. Inspección al 100 % : Es el procedimiento de inspección que consiste en verificar todas las unidades de un lote.
8. Inspección por muestreo : Es el procedimiento de inspección que consiste en verificar una o más muestras del lote que se recibe, para determinar la calidad del mismo.

Sobre la base de los resultados obtenidos se procede a la aceptación o rechazo del lote.
9. Inspección por atributos : Es el sistema de inspección que consiste en averiguar si el material en consideración cumple o no cumple con lo especificado, sin interesar la medida de la característica. En función de ello, las unidades se clasifican simplemente como defectuosa o no defectuosa.

10. Inspección por variables : La inspección por variables consiste en medir y registrar características cuantificables de los envases. Esta característica puede diferir de un valor especificado dentro de un rango permisible. Los métodos estadísticos aplicables a la inspección por variables se basan sobre el supuesto de una distribución normal y no sobre una distribución de proporciones como sucede con la inspección por atributos.

4.3 Las siete herramientas estadísticas

La calidad del producto fabricado está determinada por sus características de calidad, es decir, por sus propiedades físicas, químicas, mecánicas, estéticas, durabilidad, funcionamiento, etc. que en conjunto determinan el aspecto y el comportamiento del mismo. El cliente quedará satisfecho con el producto si esas características se ajustan a lo que esperaba, es decir, a sus expectativas previas.

¿ Para qué se miden las características de calidad? El análisis de los datos medidos permite obtener información sobre la calidad del producto, estudiar y corregir el funcionamiento del proceso y aceptar o rechazar lotes de producto. En todos estos casos es necesario tomar decisiones y estas decisiones dependen del análisis de los datos. Los valores numéricos presentan fluctuación aleatoria y por lo tanto para

analizarlos es necesario recurrir a técnicas estadísticas que permitan visualizar y tener en cuenta la variabilidad a la hora de tomar las decisiones.

Algunas de estas técnicas fueron agrupadas por el Dr. Kaoru Ishikawa, y se conocen como las 7 Herramientas Estadísticas de Calidad. Estas son:

- 1. Hoja de Recolección de Datos.** En el control estadístico de la calidad se hace uso con mucha frecuencia de las hojas de verificación, ya que es necesario comprobar constantemente si se han recabado los datos solicitados o si se hace efectuando determinados trabajos.

El esquema general de estas hojas es la siguiente: En la parte superior se anotan los datos generales a los que se refiere las observaciones o verificaciones a hacer en la parte inferior se transcribe el resultado de dichas observaciones y verificaciones.

- 2. Histograma.** El histograma ordena las muestras, tomadas de un conjunto, en tal forma que se vea de inmediato con qué frecuencia ocurren determinadas características que son objeto de observación.

El histograma en el control estadístico de calidad se utiliza para visualizar el comportamiento del proceso con respecto a determinados límites y no involucra el tiempo.

El número de datos que se necesitan es relativamente grande. La cantidad de datos depende de la situación particular, pero cantidades típicas son de 50, 100 ó más.

El histograma resulta incapaz de mostrar si el proceso exhibe inestabilidad estadística.

3. Diagrama de Pareto. El Pareto es un diagrama que se utiliza para determinar el impacto, influencia o efecto que tiene determinados elementos sobre un aspecto.

Consiste en un gráfico de barras similar al histograma que se conjuga con una ojiva o curva de tipo creciente y que representa en forma decreciente el grado de importancia o peso que tienen los diferentes factores que afectan a un proceso, operación o resultado.

La estructura del Diagrama de Pareto es:

a) Sobre el eje horizontal se muestran barras de la misma dimensión, en cuya base debe llevar el nombre del efecto o problema. Estas barras son de ordenadas de izquierda a derecha y de mayor a menor frecuencia en cuanto a su aparición.

b) Sobre el eje vertical izquierdo se muestra la frecuencia de aparición de efecto o problema.

c) Sobre el eje vertical derecho se gráfica el porcentaje relativo acumulado (eje para graficar la ojiva o curva).

Algunos ejemplos son:

1) El 80% del valor de un inventario de artículos se debe al 20% de estos artículos.

2) El 80% del total de tiempo de trabajo se consume con el 20% de las actividades diarias.

- 4. Diagrama de Causa - Efecto.** También conocido como Esqueleto de pescado o Diagrama de Ishikawa: Es una herramienta sistémica para la resolución de problemas que permiten apreciar la relación existente entre una característica de calidad (efecto) y los factores (causas) que la afectan, para así poder definir las causas principales de un problema existente en un proceso. Las causas son determinadas pensando en el efecto que tiene sobre el resultado, indicando por medio de flechas la relación lógica entre la causa y el efecto.

La primera sección está constituida por una flecha principal hacia la que convergen otras flechas, consideradas como ramas del tronco principal, y sobre las que indiquen nuevamente flechas más pequeñas, las subramas.

En esta primera sección quedan, pues, organizados los factores casuales.

La segunda sección está constituida por el nombre de la característica de calidad. La flecha principal de la primera sección apunta precisamente hacia este nombre, indicando con ello la relación casual que se da entre el conjunto de factores con respecto a la característica de calidad.

El diagrama de causa-efecto es aplicable en cualquier proceso (administrativo, productivo, etc.) en donde se requiera solucionar un problema o en donde se desee implementar una mejora.

- 5. Diagrama de Dispersión.** Los métodos gráficos tales como el histograma o las gráficas de control tienen como base un conjunto de datos correspondientes a una sola variable, es decir, son datos univariados. Un diagrama de dispersión se usa para estudiar la posible relación entre una variable y otra (datos bivariados); también sirve para probar posibles relaciones de causa-efecto; en este sentido no puede probar que una variable causa a la otra, pero deja más claro cuándo una relación existe y la fuerza de esta relación.

Dadas 2 variables X e Y, se dice que existe una correlación entre ambas si cada vez que aumenta el valor de X aumenta proporcionalmente el valor de Y (Correlación positiva) o si cada vez que aumenta el valor de X disminuye en igual proporción el valor de Y (Correlación negativa).

La relación entre dos tipos de datos pueden ser:

- Una característica de calidad y un factor que inciden sobre ella.
- Dos características de calidad relacionadas, o bien dos factores relacionados con una sola característica.

6. Estratificación. Es una clasificación por afinidad de los elementos de una población, para analizarlos y poder determinar con más facilidad las causas del comportamiento de alguna característica de calidad. A cada una de las partes de esta clasificación se le llama estrato, la estratificación se utiliza para clasificar datos e identificar su estructura.

La estratificación generalmente se hace partiendo de la clasificación de los factores que indican en un proceso o en un servicio (5M: máquinas, métodos, materiales, medio ambiente y mano de obra) y los estratos que se utilicen, dependerán de la situación analizada.

Usos de la estratificación:

- a) Identificar las causas que tienen mayor influencia en la variación.
- b) Comprender de manera detallada la estructura de un grupo de datos, lo cual permitirá identificar las causas del problema y llevar a cabo las acciones correctivas convenientes.
- c) Examinar las diferencias entre los valores promedios y la variación entre diferentes estratos, y tomar medidas contra la diferencia que pueda existir.

7. Gráficos de Control. La gráfica de control es un método gráfico que ayuda a evaluar si un proceso está o no en un estado de control estadístico. Es decir, ver su comportamiento dentro de límites de especificación. Es muy parecida a las gráficas de línea o de tendencias, la diferencia esencial estriba en que las gráficas de control tienen los denominados "límites de control", que determinan el rango de variabilidad estadística aceptable para la variable que se esté monitoreando.

Si los puntos se mantienen dentro de los límites de control y presentan un patrón aleatorio, entonces se dice que "el proceso está en control ", si por el contrario, se encuentran puntos fuera de los límites de control, o el conjunto de puntos muestra tendencias, periodicidad, o cosas anormales, entonces el proceso se diagnostica como inestable, o "fuera de control". Ante una situación de esta naturaleza, debe

procederse a investigar las causas que estén provocando la inestabilidad, e implementar acciones preventivas para evitar que vuelvan a presentarse.

Las ventajas de las gráficas de control son:

- Sirve para determinar el estado de control de un proceso.
- Diagnostica el comportamiento de un proceso en el tiempo.
- Indica si un proceso ha mejorado o empeorado.
- Sirve como una herramienta de detección de problemas.
- Permite identificar las dos fuentes de variación de un proceso: causas comunes o también llamadas naturales son los factores que afectan en poco la variabilidad del sistema. Su presencia es aleatoria, y no son de fácil detección, generalmente están relacionadas con aspectos administrativos. Y otras causas son llamadas especiales o asignadas, éstas son los factores esporádicos que desestabilizan el sistema. Su identificación es inmediata y fácil.

4.4 Comparación entre la inspección 100 % y la inspección muestral

La decisión de escoger entre la inspección al 100 % y la inspección muestral debe hacerse teniendo en cuenta los siguientes factores:

- ?? Costo de inspeccionar cada artículo.
- ?? Cantidad de productos que se deben inspeccionar.
- ?? Tiempo que se requiere para la inspección.
- ?? Costo de no detectar productos defectuosos.
- ?? Costo de aceptar lotes defectuosos.
- ?? Costo de rechazar lotes buenos.

Casos en que se puede o debe aplicarse la inspección al 100 % :

- ?? Cuando se trata de inspeccionar productos que pueden contener defectos tales que, pongan en peligro la integridad de los consumidores o que incapaciten al producto para cumplir su función.
- ?? Cuando se traten de pequeños lotes pero de un costo elevado.
- ?? Cuando se inspeccionan artículos en cuya fabricación no se ha llevado un buen control de calidad.
- ?? Cuando el costo de inspeccionar es muy pequeño y éste se puede hacer en forma relativamente rápida.

Casos en que es aplicable la inspección muestral :

- ?? Cuando la inspección debe recurrir a pruebas destructivas.
- ?? Cuando se inspeccionan características críticas de los productos.
- ?? Cuando durante la producción se lleva un buen control en proceso.

?? Cuando existen convenios claros y precisos entre el fabricante y el cliente sobre las acciones que han de seguirse en relación con los productos defectuosos, devoluciones, destrucciones, etc.

Ventajas de la Inspección muestral :

?? No es tan fatigante y rutinaria como la inspección al 100 %.

?? Cuesta mucho menos que la inspección al 100 %.

?? Es más rápida y permite tomar acciones oportunamente.

?? Es aplicable en todas las etapas de fabricación.

?? Ejerce presión psicológica sobre la fabricación, para que se lleve un mejor control de calidad, debido a que con una muestra se decide sobre la aceptación o rechazo de un lote.

4.5 Planes de muestreo

El control por muestreo tiene por objeto separar las buenas entregas de las malas gastando el mínimo de tiempo posible. La cantidad de muestras depende del volumen de la entrega y de la exactitud requerida. El control no debe ser tan preciso como sea posible sino tan preciso como sea necesario. La toma de muestras escogidas no permite tampoco una conclusión sobre el 100% de la entrega; sin embargo, un control semejante fija exactamente la amplitud de la falta mediante la estadística matemática.

Por medio del cálculo de probabilidades es posible determinar exactamente la cantidad de elementos que deben tomarse como muestra y los riesgos a que se exponen cliente y proveedor.

Todo plan de aceptación por muestreo puede llevar a cometer dos tipos de errores:

- ?? Rechazar un buen lote, es decir un lote que contenga menos defectuosos que los que se están dispuesto a aceptar. Se le llama error del Tipo I.
- ?? Aceptar un mal lote, o sea un lote, o sea un lote de peor calidad que la considerada aceptable. Se le llama error de Tipo II.

4.6 Planes de inspección

1. PLANES SIMPLES: Basan la aceptación o rechazo de un lote en el resultado de la inspección de una muestra. Estos planes especifican el tamaño de la muestra y el número de aceptación, es decir, el número máximo de defectuosos que puede contener la muestra.
2. PLANES DOBLES: Según el resultado de la primera muestra se pueden aceptar el lote, rechazarlo o tomar una segunda muestra cuyo resultado indicará la aceptación o rechazo definitivo. Los planes pueden especificar los tamaños de las muestras y los números de aceptación y rechazo en cada etapa.

3. PLANES MULTIPLES: Son una extensión de los planes dobles con un mayor número de muestras, en cada etapa se puede aceptar, rechazar o continuar inspeccionando, según el resultado acumulado de las muestras.
4. PLANES CONTINUOS: Son utilizados para inspeccionar una producción continua en la que es difícil o imposible formar lotes.

Un buen plan de aceptación por muestreo debe tener las siguientes características:

- ?? Proteger al producto contra rechazos de lotes buenos (mejores de los considerados aceptables).
- ?? Proteger al consumidor contra la aceptación de un mal lote.
- ?? Minimizar el costo de muestreo, inspección y administración.

4.7. Planes de aceptación basados en el AQL

Los planes más usados son la Military Standard 105 – D también conocido como ABC – STD – 105 y desarrollados inicialmente para el Departamento de Defensa de los Estados Unidos. Se basan en el nivel aceptable de calidad AQL.

1. NIVEL ACEPTABLE DE CALIDAD (AQL) : Para el propósito de inspección por muestreo, es el nivel de calidad límite del promedio de un proceso satisfactorio, cuando se considera una serie continua de lotes.

Cuando un consumidor designa algún valor específico de AQL para un determinado defecto, está indicando al proveedor que la aceptación del plan de muestreo establecido aceptará la mayoría de lotes que el proveedor someta, con tal que el nivel promedio del proceso expresado como defectivo porcentual en estos lotes no sea mayor que el valor designado por el AQL.

El AQL es la línea fronteriza elegida entre lo que se considera aceptable como promedio del proceso y lo que no. El AQL en sí no define ningún plan de muestreo, pero es un valor útil para considerar y evaluar un proceso.

2. NIVELES DE INSPECCION : Se define el nivel de aceptación como el número que identifica la relación entre el tamaño del lote y el tamaño de la muestra. Los planes de muestreo MIL-STD-105D establecen tres niveles generales de inspección (I, II, III) y cuatro niveles especiales de inspección (S-1, S-2, S-3, S-4).

En situaciones rutinarias debe utilizarse el nivel general de inspección II.

El Nivel I se emplea cuando se exige una menor discriminación. Y el Nivel III cuando se requiere una mayor capacidad de discriminación. Los niveles especiales de inspección se emplean únicamente cuando son necesarios tamaños de muestra relativamente pequeños y pueden tolerarse mayores riesgos en la recepción.

3. TIPOS DE INSPECCION

Inspección Normal : Procedimiento por el cual se comienza la inspección de los lotes cuando se recibe un material por vez primera o cuando no se tiene un conocimiento definido de la calidad del mismo.

Inspección Reducida o Simplificada : Procedimiento a adoptarse cuando la calidad del material en un determinado número de entregas es suficientemente buena.

Inspección Estricta : Procedimiento que debe adoptarse cuando la calidad del material en un determinado número de entregas no es satisfactoria.

4. CRITERIOS PARA ELEGIR UN TIPO DE INSPECCION :

Inspección Normal : Al comenzar la inspección para un material determinado, se usará la inspección normal, la que proseguirá con los sucesivos lotes recibidos a menos que se proceda a un cambio según lo establecido a continuación.

Inspección Reducida o Simplificada : Estando vigente la inspección normal se podrá pasar a inspección simplificada, cuando se satisfagan las siguientes condiciones :

- * Si los últimos 10 lotes presentados a inspección han sido aceptados.
- * Si los últimos 10 lotes han sido producidos sin interrupciones serias en la fabricación.

- * Si por criterio se considera deseable.

Inspección Estricta : Estando vigente la inspección normal se podrá pasar a inspección estricta, bajo estas condiciones :

- * Se rechaza 2 de 5 lotes consecutivos.

Estando vigente la inspección estricta se podrá pasar a inspección normal, cuando :

?? Se aceptan 5 lotes consecutivos.

OBSERVACIÓN : En todo el procedimiento para el cambio del sistema de inspección, se tendrá en cuenta únicamente el resultado de la inspección original sobre cada lote. Si un lote rechazado es presentado nuevamente a inspección el nuevo resultado de ésta no será tomado en cuenta para el cambio del tipo de inspección.

4.8 Límites tres sigma. Los procesos se diseñan para fabricar artículos, o bien para prestar servicios. Las mercancías deben tener tolerancias específicas y deben producirse a la velocidad necesaria para satisfacer la demanda. Al ingeniero de proceso se le proporciona un diseño, un diagrama, o un orden con especificaciones o sin ella, así como la cantidad de artículos por unidad de tiempo. El ingeniero debe diseñar un proceso para fabricar el producto deseado en forma eficiente y dentro de los límites especificados de tiempo y costo.

El ingeniero diseña los artículos y estima la producción y precisión de los resultados. Algunos procesos de producción verdaderamente imaginarios son resultados de sus esfuerzos, sin embargo, no todos los procesos y sus componentes son perfectos. La capacidad de las máquinas para mantener la precisión de la producción es variable. La pregunta sería si la máquina puede mantener las tolerancias especificadas. La variabilidad sirve para juzgar la capacidad del proceso. Suponga que 3s representa el límite del riesgo que se está dispuesto a correr para producir una unidad fuera de especificaciones. No existe una razón específica para usar el número 3 como el coeficiente de la desviación estándar y con base en él, fijar los límites de control. Dicho coeficiente bien pudo ser 2.0 o 2.5 o 3.5 o 3.186, pero en los Estados Unidos y otros países se suele usar la especificación 3s, porque las constantes de las tablas de distribución normal están basadas en 3 desviaciones estándar para fijar los límites de control.

Sin duda existe una razón para usar el coeficiente 3 en lugar de algún otro. Sería trágico que alguien lo hubiera escogido “al azar “ y desde entonces las personas especializadas lo usarán a ciegas en sus aplicaciones. Por lo tanto, a continuación se verá la lógica que existe tras dicha selección.

Al determinar el coeficiente de la desviación estándar para fijar los límites de control, se deben considerar ciertos argumentos. Primero, el departamento de control

de calidad no debe ocupar su tiempo en investigaciones inútiles. Segundo, la indicación de que hay un problema no debe suceder a menos que éste exista. Por último, cuando el proceso de producción requiera una corrección, debe haber una señal inequívoca de ello. En consecuencia, al considerar la naturaleza de la distribución normal se llegó a la conclusión de que tres desviaciones estándar, es un resultado suficientemente razonable.