

## Planes de Muestreo para Atributos y para Variables

Autor: Fernanda Serrano Mariscal  
e-mail: alc191000315@ite.edu.mx

**RESUMEN:** Los planes de muestreo para variables y para atributos son importantes en gestión de procesos industriales, abordando diferentes aspectos metodológicos para garantizar la calidad del producto. Los planes de muestreo para variables se aplican cuando las características pueden medirse en una escala continua, como la longitud o el peso, y se centran en parámetros estadísticos como la media y la desviación estándar, permitiendo una evaluación precisa del proceso. Estos planes requieren mediciones detalladas y análisis estadísticos complejos. En contraste, los planes de muestreo para atributos se utilizan para características cualitativas, categorizando los ítems como conformes o no conformes, y se basan en el conteo de defectos. Utilizan tablas de muestreo estándar como MIL-STD-105E o ISO 2859 para determinar el tamaño de la muestra y los criterios de aceptación o rechazo, siendo más simples y rápidos de implementar. Metodológicamente, el muestreo para variables involucra la recolección de datos continuos y el uso de técnicas estadísticas avanzadas, mientras que el muestreo para atributos implica la inspección visual o la verificación de cumplimiento contra estándares específicos. Los resultados de estudios comparativos muestran que los planes de muestreo para variables proporcionan una detección más sensible de variaciones en la calidad, aunque a un costo mayor en tiempo y recursos. Por otro lado, los planes de muestreo para atributos, aunque menos precisos, son eficientes para aplicaciones donde la rapidez y simplicidad son cruciales. Las conclusiones destacan que la elección entre estos planes debe basarse en la naturaleza del proceso y los objetivos de calidad, recomendándose una combinación de ambos para una evaluación integral. Implementar adecuadamente estos planes mejora significativamente el control de calidad, optimiza los recursos y asegura la conformidad del producto con los estándares establecidos, ofreciendo una solución balanceada y efectiva para la gestión de calidad en entornos industriales.

**PALABRAS CLAVE:** desviación estándar, ISO, lote, muestra, muestreo, proporción, proveedor, variable.

**ABSTRACT.** Sampling plans for variables and attributes are important in industrial process management, addressing different methodological aspects to ensure product quality. Sampling plans for variables are applied when characteristics can be measured on a continuous scale, such as length or weight, and focus on statistical parameters like the mean and standard deviation, allowing for a precise process

evaluation. These plans require detailed measurements and complex statistical analyses. In contrast, sampling plans for attributes are used for qualitative characteristics, categorizing items as conforming or non-conforming, and are based on defect counting. They use standard sampling tables like MIL-STD-105E or ISO 2859 to determine sample size and acceptance or rejection criteria, making them simpler and faster to implement. Methodologically, variable sampling involves the collection of continuous data and the use of advanced statistical techniques, while attribute sampling involves visual inspection or compliance verification against specific standards. Comparative study results show that variable sampling plans provide more sensitive detection of quality variations, albeit at a higher cost in time and resources. On the other hand, attribute sampling plans, though less precise, are efficient for applications where speed and simplicity are crucial. Conclusions highlight that the choice between these plans should be based on the nature of the process and quality objectives, recommending a combination of both for a comprehensive evaluation. Properly implementing these plans significantly improves quality control, optimizes resources, and ensures product compliance with established standards, offering a balanced and effective solution for quality management in industrial environments.

**Keywords:** standard deviation, batch, sample, sampling, proportion, supplier, variable.

**INTRODUCCIÓN.** En este artículo se presentan los planes de muestreo que forman parte del muestreo de aceptación para un lote. Los planes de muestreo en el ámbito de la gestión de calidad son herramientas que nos permiten evaluar la conformidad de los productos de manera eficiente para llegar a la toma de decisiones. Estos planes se utilizan para inspeccionar una muestra representativa de un lote, facilitando decisiones informadas sobre la aceptación o rechazo del mismo. Dependiendo de la naturaleza del producto y los objetivos de calidad, se pueden emplear planes de muestreo por atributos o planes de muestreo para variables. La filosofía en que se basa la discusión es que el muestreo de aceptación no es un sustituto del monitoreo y control adecuado del proceso, ni del uso de otros métodos estadísticos que lleven la reducción de la variabilidad. (Montgomery, 2014). La elección entre un plan de muestreo por atributos y uno para variables depende de varios factores, como la naturaleza del producto, el costo de la inspección y los requisitos específicos de calidad.

**MATERIAL Y MÉTODOS.** Estudiar y analizar diferentes materiales fue lo que se empleó para escribir este artículo, así como utilizar distintos métodos rígidos. Se utilizaron textos especializados en control de calidad y estadística como "Statistical Quality Control" de Douglas C. Montgomery y normas internacionales como ISO 2859 e ISO 3951. Además, se revisaron e hicieron accesibles artículos de revistas científicas especializadas a través de bases de datos científicas utilizando la biblioteca virtual de la universidad. Para los análisis y simulaciones se utilizaron programas estadísticos como Minitab. La metodología incluyó una revisión sistemática y crítica de la literatura, un análisis comparativo de las características y aplicaciones de los diferentes planes de muestreo, el desarrollo de ejemplos prácticos a través de simulaciones estadísticas, videos de lecciones explicadas y la validación del contenido mediante consulta con profesores expertos en el campo del control de calidad. La retroalimentación de semestres anteriores también fue parte de este estudio, ya que se utilizan fórmulas matemáticas para aplicar las diferentes muestras.

Un método que nos permitió analizar y entender con claridad el tema fue La curva de operación característica (CO) que se utiliza en control de calidad para evaluar la eficacia de un plan de muestreo, mostrando la probabilidad de aceptar un lote de productos en función de la proporción de defectuosos que contiene. Esta curva permite a los gestores de calidad visualizar el riesgo asociado tanto para el productor como para el consumidor, ayudando a tomar decisiones informadas sobre los niveles aceptables de calidad y la eficiencia del proceso de muestreo.

**MUESTREO DE ACEPTACIÓN.** El muestreo de aceptación se ocupa de la inspección y la toma de decisiones respecto de los productos, uno de los aspectos más antiguos del aseguramiento de calidad. En el muestreo de aceptación participan tanto el productor (o proveedor) de materiales como el consumidor (o comprador). Los consumidores necesitan el muestreo de aceptación para limitar el riesgo de rechazar materiales de buena calidad o aceptar otros de mala calidad. En consecuencia, el consumidor, a veces en combinación con el productor por medio de acuerdos contractuales, especifica los parámetros del plan. Por lo tanto, cualquier compañía puede ser la productora de bienes que otra empresa compra, como la consumidora de bienes o materias primas suministrados por otra compañía.

**Decisiones sobre calidad y riesgo.** Al elaborar un plan de muestreo de aceptación, se toman en cuenta dos niveles de calidad. El primero es el nivel de calidad aceptable (AQL) (por sus siglas en inglés; acceptable quality level); o sea, el nivel de calidad deseado por el consumidor. El productor del artículo se esfuerza por

lograr el AQL, el cual aparece especificado comúnmente en los contratos o las órdenes de compra.

**Muestreo por atributos.** Existen distintas maneras de catalogar los planes de muestreo de aceptación. Una clasificación principal es por atributos y variables. Las variables son características de la calidad que se miden en una escala numérica. Los atributos son características de calidad que se expresan en base "pasa, no pasa".

**Plan de muestreo único.** Es un procedimiento para dictaminar lotes en el que se selecciona al azar una muestra de  $n$  unidades de lote, y el destino del lote se determina con base a la información contenida en esa muestra. Por ejemplo, un plan de muestreo único para atributos constaría de un tamaño de la muestra  $n$  y un número de aceptación  $c$ . El procedimiento operaría de la siguiente manera: se seleccionan  $n$  artículos al azar del lote. Si hay  $c$  o menos unidades defectuosas en la muestra, el lote se acepta, y si hay más de  $c$  artículos defectuosos en el lote, este se rechaza.

**Plan de muestreo doble.** Después de una muestra inicial se toma una decisión con base en la información de esa muestra para 1) aceptar el lote, 2) rechazar el lote, o 3) tomar una segunda muestra. Si se toma la segunda muestra, la información de la primera y la segunda muestra se combinan para llegar a la decisión de aceptar o rechazar el lote.

**Plan de muestreo múltiple.** Es una extensión del concepto del muestreo doble, por cuanto pueden necesitarse más de dos muestras para llegar a una decisión respecto al destino del lote. Los tamaños de la muestra en el muestreo múltiple suelen ser más pequeños que en muestreo único o en el doble. La extensión última del muestreo múltiple es el muestreo secuencial, en el que las unidades del lote se seleccionan una a la vez, y después de inspeccionar cada unidad se toma la decisión de aceptar el lote, rechazar el lote o tomar otra muestra.

**Curva Co.** Una medida importante del desempeño de un plan de muestreo único es la curva de operación característica (CO). En esta curva se grafica la probabilidad de aceptar el lote contra la fracción defectuosa del lote. Por tanto, la curva CO indica de potencia discriminatoria del plan de muestreo. Es decir, indica la probabilidad de que un lote con cierta fracción defectuosa propuesto sea aceptado o rechazado. Suponga que en una fábrica se producen lotes de tamaño grande y que antes de enviarlos al cliente se les aplica el plan de muestreo simple por atributos definido por  $n = 60$ ,  $c = 1$ . Con ello, si en una muestra aleatoria de  $n = 60$  se encuentra cero o a lo más un defectuoso, entonces el lote es aceptado y se envía al cliente. Pero si se encuentran dos artículos o más que son defectuosos, entonces el lote es rechazado y se debe realizar inspección al 100%.

Nombre de revista: Instituto  
Tecnológico de Ensenada.  
Año: 2024

La curva CO de un plan proporciona una caracterización del desempeño potencial del mismo, mediante el cálculo de la probabilidad de aceptar o rechazar un lote que tiene determinada calidad. Por ejemplo, el caso comentado en la tabla 1 se muestra la probabilidad de aceptación del plan  $n = 60$ ,  $c = 1$ , para diferentes valores de  $p$  (suponiendo un tamaño de lote grande). Con base en esta tabla se obtiene la correspondiente curva CO de la figura 1. Por lo tanto, si este plan se aplica a un lote que tenga 2% de artículos defectuosos, entonces la probabilidad de aceptarlo es de 0.6619. En cambio, si el lote tiene 10% de defectuosos ( $P = 0.1$ ), la probabilidad de aceptarlo será muy baja (de 0.0137), por lo que, con este plan, un lote así casi siempre será rechazado. En general, en la curva CO se tiene un amplio rango de valores de  $p$  porque en la práctica no se sabe exactamente la proporción de defectuosos de un lote. Para calcular las probabilidades de aceptación ( $P_a$ ) de la tabla 1, y en casos similares, se utiliza la distribución binomial con parámetros  $n$  y  $p$ . En específico para un plan  $(n, c)$ , la  $P_a$  se obtiene con:

$$P_a = P(0) + P(1) + \dots + P(c) \text{ Ec. (1)}$$

para cada valor de  $p$ .

Tabla 1. Probabilidad de aceptación del plan  $n = 60$ ,  $c = 1$ , para diferentes valores de  $p$  y suponiendo tamaño de lote grande.

PROPORCIÓN DE DEFECTUOSOS (p)	PROBABILIDAD DE ACEPTACIÓN
0.001	0.9982
0.005	0.9634
0.010	0.8787
0.015	0.7227
0.020	0.6619
0.030	0.4592
0.040	0.3022
0.050	0.1915
0.060	0.1179
0.070	0.0709
0.080	0.0417
0.100	0.0137
0.150	0.0006

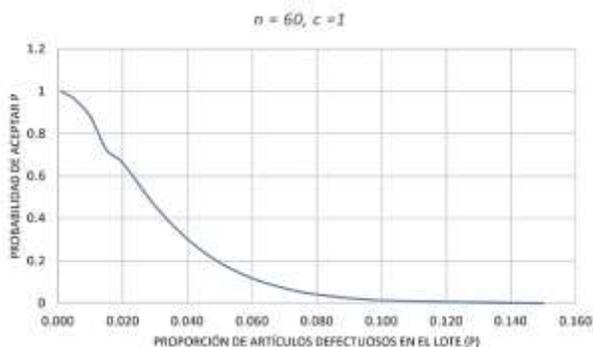


Figura 1. Curva CO para el plan  $n = 60$ ,  $c = 1$  y tamaño de lote grande.

### Propiedades de las curvas CO

- No existe un plan de muestreo que tenga una curva CO ideal, capaz de distinguir perfectamente los lotes buenos de los malos. De esta manera, todo plan de muestreo tiene riesgos de rechazar la buena calidad y aceptar la mala.
- Al aumentar el tamaño de muestra y el número de aceptación se obtienen planes que tienen mayor potencia para distinguir la buena calidad de la mala. Entre más rápido caiga la curva, menos probabilidad se tiene de aceptar lotes de mala calidad.

**Military Standard 105E.** La versión original de MIL STD 105E fue creada en 1950 y desde entonces ha tenido cuatro revisiones, siendo la última en 1989 que dio lugar a MIL STD 105E. En la actualidad es el sistema de muestreo de aceptación por atributos más usado en el mundo. Alternativamente se puede usar su contraparte civil ANSI/ ASQ Z1.4.

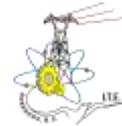
El estándar ofrece tres procedimientos de muestreo: muestreo simple, doble y múltiple.

Para diseñar planes con MIL STD 105E se usa principalmente el nivel de calidad aceptable, NCA o AQL. Aunque la probabilidad de aceptar los lotes con calidad NCA siempre es alta (entre 0.89 y 0.99), pero no es la misma para todos los planes que se obtienen con esta norma. El estándar prevé 26 valores (porcentajes) diferentes para el NCA; 16 de ellos que van de 0.010 a 10%, están enfocados a porcentajes de defectuosos; y los otros 10, que van desde 15 hasta 1 000 defectos por cada 100 unidades, se enfocan a diseñar planes del tipo: defectos por unidad. Aunque para niveles pequeños de NCA, se pueden utilizar los mismos planes para controlar tanto la proporción de defectuosos como el número de defectos por unidad.

### Muestreo de aceptación por variables.

En este tipo de planes se toma una muestra aleatoria del lote y a cada unidad de la muestra se le mide una característica de calidad de tipo continuo (longitud, peso, espesor, etc.), y en contraste con el muestreo por atributos, el objetivo no es clasificar a cada unidad como defectuosa o no, sino sólo registrar la medición de cada pieza. Después de ello, y con base en estas mediciones, se calcula un índice (estadístico) que de acuerdo con su valor se aceptará o rechazará todo el lote. Por lo general, el índice toma en cuenta la información muestral (media, desviación estándar) y las especificaciones de la característica de calidad.

La ventaja principal del muestreo por variables es que el tamaño de muestra es considerablemente menor que el muestreo por atributos. Sobre todo, cuando los niveles



aceptables de calidad en términos de  $p$  son muy pequeños. Además, muestrear por variables proporciona más información acerca del proceso, la cual se puede utilizar para tomar decisiones y mejorar la calidad; esto se debe a que las medidas numéricas de las características de calidad son más útiles que una simple clasificación de los artículos como defectuosos o no defectuosos.

Las desventajas del muestreo por variables es que para cada característica de calidad que se desee inspeccionar por muestreo de aceptación debe diseñarse su propio plan de muestreo. Además, las mediciones en un muestreo por variables podrían ser más costosas, aunque la reducción obtenida en el tamaño de la muestra por lo general compensa este costo.

Para diseñar un plan de muestreo por variables para el control de la proporción de artículos que no cumplen con especificaciones, es necesario que la variable o característica de calidad que se mide al producto tenga especificaciones que debe cumplir.

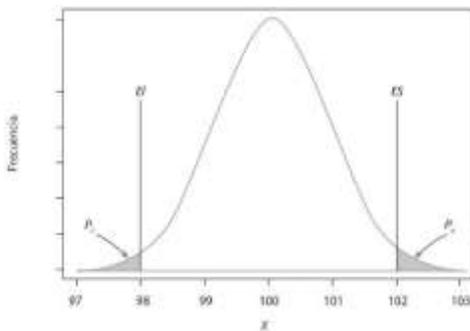


Figura 2. Distribución de una característica de calidad y la proporción fuera de especificaciones ( $p$ ).

En la figura 2 se muestra una característica de calidad  $X$  con distribución normal con media ( $\mu$ ) y desviación estándar ( $\sigma$ ), que debe estar entre la especificación inferior y la superior: EI y ES. El área bajo la curva a la izquierda de EI representa la proporción de artículos,  $p_i$ , que tienen un valor menor que EI; mientras que  $p_s$  es la proporción de unidades que exceden la ES. Es evidente que la magnitud de la proporción total de defectuosos,  $p = p_i + p_s$ , depende de los valores de  $\mu$  y  $\sigma$ .

**Military Standard 414 (ANSI/ASQC Z1.9).** El MIL STD 414 es un plan para muestreo de aceptación por variables lote por lote. El punto principal de este estándar es el nivel de calidad aceptable (NCA o AQL), y comprende porcentajes que van de 0.04 a 15%. El estándar tiene cinco niveles generales de inspección; al nivel IV se le considera el "usual". Como en el estándar por atributos (MIL STD 105E), para encontrar el tamaño de muestra también se utilizan letras código para el tamaño de ésta (tabla 2). Los tamaños muestrales están en función del tamaño de lote y del nivel de inspección. De acuerdo con la calidad del producto se prevé una inspección normal,

severa y reducida. Todos los planes de muestreo y procedimientos en el estándar suponen que las características de calidad se distribuyen de manera normal.

Tabla 2. Letras códigos para el tamaño de muestra para MIL STD 414 (muestreo para variables).

TAMAÑO DE LOTE	NIVELES DE INSPECCIÓN				
	I	II	III	IV	V
3 a 8	B	B	B	B	C
9 a 5	B	B	B	B	D
16 a 25	B	B	B	C	E
26 a 40	B	B	B	D	F
41 a 64	B	B	C	E	G
66 a 110	B	B	D	F	H
111 a 180	B	C	E	G	I
181 a 300	B	D	F	H	J
301 a 500	C	E	G	I	K
501 a 800	D	F	H	J	L
801 a 1300	E	G	I	K	L
1301 a 3200	F	H	J	L	M
3201 a 8000	G	I	L	M	N
8001 a 22000	H	J	M	N	O
22001 a 110000	I	K	N	O	P
110000 a 550000	I	K	O	P	Q
550000 y más	I	K	P	Q	Q

Los planes de muestreo de aceptación pueden diseñarse considerando que la desviación estándar es conocida o desconocida, tanto para características de calidad con una o con doble especificación. En los casos con una especificación, el estándar contiene dos procedimientos (el  $k$  y el  $M$ ) para estimar la proporción de unidades fuera de especificaciones. Mientras que, cuando se tiene doble especificación se utiliza el procedimiento 2 o método M, el cual se ejemplifica porque es el que se aplica en ambos casos (figura 3).

Figura 3. Tabla para inspección normal y severa (variabilidad desconocida, método de la desviación estándar), método M.

**CONCLUSIONES.** A lo largo de este análisis se destaca la importancia de comprender las diferencias metodológicas y aplicaciones prácticas de ambos tipos de muestreo. Los planes de muestreo para variables, que se

enfocan en características cuantitativas y requieren análisis estadísticos detallados, permiten detectar variaciones menores y obtener una evaluación precisa del proceso, aunque implican un mayor costo y complejidad. Por otro lado, los planes de muestreo para atributos, orientados a características cualitativas y basados en el conteo de defectos, ofrecen una implementación más rápida y sencilla, resultando particularmente útiles en contextos donde la simplicidad y rapidez son cruciales, aunque pueden ser menos sensibles a pequeñas desviaciones en la calidad. La comparación entre estos enfoques revela que la elección del plan de muestreo adecuado depende de factores como la naturaleza del proceso, los objetivos de calidad y los recursos disponibles. Una combinación estratégica de ambos métodos puede ofrecer una evaluación más integral y robusta del control de calidad, maximizando la eficiencia y efectividad. La correcta implementación de estos planes de muestreo no solo mejora el control de calidad y optimiza el uso de recursos, sino que también asegura la conformidad del producto con los estándares establecidos. Este artículo no solo enriquece el conocimiento teórico en el campo de la gestión de calidad, sino que también proporciona una guía práctica para profesionales, facilitando la toma de decisiones informadas que mejoren los procesos y productos industriales. Al final, este enfoque balanceado y exhaustivo refuerza la importancia de adoptar estrategias de muestreo adecuadas para mantener y elevar los estándares de calidad en la industria.

## Referencias

1. Guevara, M. V. (s.f.). Conceptos básicos del muestreo de aceptación. En *Control estadístico de la calidad*. (págs. 220-222).
2. Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara alazar, R. (2009). *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma*. Mc Graw Hill.
3. Montgomery, D. C. (2014). *Muestreo de aceptación*. Limusa Wiley.
4. Paz, R. C., & González Gómez, D. (s.f.). *Muestreo de Aceptación*. Mar del Plata.
5. Tutoriales, G. (26 de Enero de 2015). *Cómo construir una Curva Característica de Operación (CO) con Excel*. Obtenido de Gestión de Operaciones:  
<https://www.gestiondeoperaciones.net/gestion-de-calidad/como-construir-una-curva-caracteristica-de-operacion-co-con-excel/>
6. UU., D. d. (1957). *Sampling procedures and tables for inspection by variables for percent defective*. Washington: Internet Archive.