

Control estadístico de la calidad de un servicio mediante Gráficas \bar{X} y R

*Alberto Isaac Pierdant Rodríguez**

*Jesús Rodríguez Franco***

Resumen

Las empresas y organismos públicos que proporcionan servicios en México no utilizan frecuentemente técnicas cuantitativas para el control de calidad de dicho servicio, por lo que este trabajo representa una propuesta de control de calidad mediante herramientas simples de control estadístico de calidad. Existen diversas técnicas cualitativas y pocas técnicas cuantitativas como las gráficas, que nos permiten determinar si la prestación de un servicio se encuentra bajo control; es decir, verificar si la calidad está dentro de los estándares establecidos por la empresa o institución, o fuera de ellos. Este documento tiene como objetivo mostrar la mecánica del control de calidad de un servicio mediante dos tipos de gráficas de control para variables: la gráfica de control para medias de un proceso y la gráfica de control para variabilidad de procesos. Su aplicación permitiría identificar áreas de oportunidad e implementar mejoras en la calidad del servicio. El material ha sido elaborado empleando la hoja electrónica de cálculo Excel con la finalidad de proporcionar una herramienta práctica en esta materia.

Palabras clave: calidad, control estadístico, gráfica para media, gráfica para variabilidad, calidad en un servicio.

Abstract

Statistical quality control is not been used widely in Mexican companies that afford or sale services, that is why this paper pretend to show a simple technique of quality control in a service area using simple tools as charts. There are several qualitative techniques and few quantitative techniques as charts that could show us if a service is

* Profesores-investigadores en el Departamento de Política y Cultura, Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. Correos electrónicos: pierdant@correo.xoc.uam.mx y jrfranco@correo.xoc.uam.mx.

under control, this means, verify if we are doing the service job with previous quality control standards or not. Our objective is to show a simple quantitative technique of quality control using two types of charts: control chart for process mean and control chart for process variability. This paper could guide the analyst to discover opportunity areas in the company where he could apply this technique to completely satisfy the needs of the client. Finally, this material has been made using Excel because we want to offer the quality control analyst a practical tool in this field.

Key words: quality, statistical control, graphical for average, graph for variability, quality in a service.

Artículo recibido el 06-02-09

Artículo aceptado el 20-07-09

INTRODUCCIÓN

Antes de la llamada revolución industrial, la producción de bienes que consumía la sociedad era elaborada por artesanos especializados, quienes en muchas ocasiones firmaban cada pieza que elaboraban. Pero la demanda de nuevos productos, la producción en línea y la aparición de nuevos sistemas de fabricación rompieron con el antiguo esquema de producción. En este nuevo sistema, el artesano pasó a ser un trabajador de fábrica perdiéndose con ello la identificación de éste con cada producto elaborado, disminuyendo así su calidad, ya que los requerimientos de producción en masa descuidaban las características que satisfacían las necesidades de los consumidores.

Esta nueva forma de producir bienes disminuyó considerablemente la calidad de los productos, y no fue sino hasta mediados de la década de 1920, que Walter Shewhart,¹ investigador de Bell Laboratories, hizo un descubrimiento significativo en el área de mejoramiento de la producción. “Identificó que aunque la variación en la fabricación de productos era inevitable, este hecho podría vigilarse y controlarse utilizando ciertos procesos estadísticos. Shewhart desarrolló la denominada *carta de control*, una gráfica simple que permitía determinar cuándo la variación en un proceso de fabricación excedía los límites aceptables”.

Más adelante, en la década de 1950, un alumno de Shewhart, W. Edwards Deming,² desarrolló toda una filosofía de gerencia de calidad con base en “14 puntos”, los cuales establecen, entre otras cosas, que con un clima organizacional

¹ Levin, Rubin, Balderas, Del Valle y Gomez, *Estadística para administración y economía*, México, Pearson Prentice Hall, 2004, pp. 406-407.

² W.E. Deming, *Quality, Productivity, and Competitive Position*, USA, MIT, 1982.

apropiado, los métodos estadísticos de mejoramiento de procesos pueden reducir la variación a que se refería Shewhart, reduciendo al mismo tiempo los costos de producción, mejorando la imagen de la organización así como su situación financiera. Estas ideas fueron tomadas en las décadas de 1950 y 1960 por los fabricantes japoneses, lo que provocó una invasión mundial de sus productos con buena calidad. No fue sino hasta la década de 1970 cuando los fabricantes estadounidenses retomaron las ideas que Deming había enseñado a los fabricantes japoneses para elaborar productos de buena calidad.

Joseph Juran, otro pensador de los problemas de la calidad de los productos, también fue reconocido por las empresas japonesas y junto con Deming establecieron los principios de lo que hoy conocemos como el control estadístico de calidad.

Pero ¿qué es la calidad? No existe una definición exacta de calidad, pero sí una infinidad de ideas que explican a su manera el concepto. Algunas de ellas son:³

- Joseph M. Juran: “Calidad implica ser adecuado para usarse”.
- Crosby: “Concordancia con los requisitos y especificaciones”.
- Deming: “Un grado previsible de uniformidad y confiabilidad a bajo costo y adecuado para el mercado”.
- Levine, Rubin, Balderas, Del Valle y Gómez: “Las cosas de buena calidad son aquellas que funcionan de una manera en que se espera”.

Aunque originalmente estas técnicas fueron aplicadas en la elaboración de productos, hoy son también aplicadas a los servicios; esto significa que la calidad representa que un producto o servicio debe cumplir con todos los requerimientos que satisfagan las necesidades de un consumidor.

Para obtener productos o servicios de calidad, éstos no deben tener defectos. Los defectos en un producto se deben a “la variación en materiales, a la variación en las condiciones de la maquinaria de fabricación, a la variación en los métodos de trabajo y a la variación en las inspecciones”,⁴ mientras que la calidad en servicios se mide en forma más subjetiva, mediante la atención al cliente, calidez del servicio, presentación del servicio, o bien, en forma cuantitativa mediante un tiempo de espera, tiempo de atención, etcétera.

³ Levin, Rubin, Balderas, Del Valle y Gómez, *Estadística para Administración y Economía...*, *op. cit.*, pp. 405.

⁴ Kume Hitoshi, *Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad*, Colombia, Norma, 2002, pp. 2-3.

Entonces, un producto o servicio se considera de calidad si las características satisfacen ciertos requisitos en los que las variaciones están bajo control.

En las líneas de producción actuales, las partes defectuosas que no se detectan provocan que todo el trabajo subsiguiente se desperdicie cuando el producto finalmente es rechazado por los inspectores de control de calidad; mientras que el consumidor de un servicio exige su mejora, de manera inmediata, al solicitarla al encargado del servicio o gerente. Esto último ha llevado a las empresas al objetivo de evitar los defectos en cada etapa del proceso de fabricación o de prestación de un servicio. Para lograrlo, las personas que están encargadas de cada etapa tienen la responsabilidad de verificar su trabajo antes de entregarlo, de tal forma que el producto o servicio final llegue al cliente sin defectos (cero defectos), satisfaciendo así todos sus requerimientos.

Aunque las causas de la variación en la calidad son innumerables, no todas la afectan en el mismo grado. Algunas la afectan enormemente, mientras que otras tienen poco efecto cuando se controlan adecuadamente. Kume nos indica que “lo que necesitamos hacer es encontrar las causas vitales de los productos defectuosos y eliminar estas causas después de que se hayan identificado claramente”.⁵

El proceso de encontrar las causas de los productos defectuosos se llama diagnóstico del proceso. Hay muchos métodos de diagnóstico del proceso; algunos emplean la intuición, otros dependen de la experiencia, otros recurren al análisis estadístico de los datos y hasta se puede utilizar la investigación experimental. Los dos primeros son poco efectivos ya que vivimos en una época de progreso rápido, donde la intuición y la experiencia no son fáciles de obtener. Por otro lado, la investigación experimental es costosa y lenta para un mercado ávido de productos y servicios, así que los métodos estadísticos son hasta ahora el mejor medio para lograr un diagnóstico adecuado del proceso y con ello establecer un buen sistema de control de la calidad.

CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS EN SERVICIOS

La calidad de un producto o la calidad en la prestación de un servicio se puede lograr si, como administradores, tenemos la creencia de que la variabilidad excesiva se puede evitar. Cuando la prestación de un servicio no es confiable porque no cumple con los requerimientos establecidos, debemos examinar el proceso para encontrar los mecanismos que nos permitan controlarlo.

⁵ *Ibid.*, pp. 5-6.

Como resultado de todo proceso de prestación de un servicio podemos encontrar dos tipos de variación:⁶

- La variación aleatoria (variación común o inherente)
- La variación sistemática (variación asignable o de causa especial)

Cada una de ellas requiere de una solución diferente. La reducción de la variación aleatoria o inherente, en general, no puede lograrse sin cambiar el proceso. Y no debe cambiarse el proceso hasta estar seguros de que toda la variación sistémica o asignable ha sido identificada y está bajo control. Es decir, si un proceso está fuera de control debido a que todavía está presente alguna variación de causa especial, primero deberá identificarse y corregirse la causa de dicha variación. Esto es, debemos poner el proceso bajo control para posteriormente lograr una mejora en la calidad mediante un rediseño del proceso que reduzca la variabilidad inherente.

Por ejemplo, considere el proceso de fabricación de lámparas incandescentes (focos) de 60 vatios (60 w), las variaciones en la producción pueden deberse a las variaciones de los materiales empleados (vidrio, lámina de hierro, tungsteno, etcétera), a fluctuaciones en la energía eléctrica que afecta las máquinas de fabricación, a fluctuaciones en la calibración de la maquinaria, a las mediciones de la prueba de funcionamiento de la lámpara y a otra gran variedad de factores. Si uno o varios de estos factores se pueden controlar –por ejemplo, colocar reguladores que eviten las fluctuaciones de la energía eléctrica en las máquinas de producción–, entonces la variabilidad sistémica podrá controlarse y reducirse obteniéndose con ello una mejora de calidad.

En un servicio –por ejemplo, bancario– también existen variaciones que afectan su calidad –el estado de ánimo de sus empleados, el ambiente de trabajo, el estado de ánimo del cliente, el servicio de energía eléctrica, el sistema de información que controla las operaciones bancarias, la seguridad y otros–, por lo que un buen gerente puede controlar algunos de estos factores de variabilidad sistémica y proporcionar con ello un mejor servicio.

En las siguientes secciones se analizarán con detalle la aplicación de conceptos de estadística descriptiva, así como las gráficas inventadas por Shewhart, a un caso de calidad en un servicios, lo que nos permitiría cuantificar para un determinado factor de variabilidad si éste se sale de control, y en su caso, proponer una solución que nuevamente lo ubique dentro de los estándares de calidad establecidos.

⁶ Levine R. y Rubin D., *Statistics for Management*, USA, Prentice Hall, 1998, pp. 514-515.

GRÁFICAS DE CONTROL

Las gráficas, diagramas o cartas de control permiten detectar la variación sistémica generada en un proceso de producción o en la prestación de un servicio con el objetivo de poder ser identificada y corregida antes de que ésta produzca una gran cantidad de partes, productos o servicios defectuosos.

Existen gráficas de control para las variables y para los atributos. Una gráfica para variables analiza las medidas reales de una parte o producto o medición de un servicio y las representa en forma gráfica –por ejemplo, el peso de una lata de conservas, la cantidad de mililitros que contiene una botella de refresco o bien el tiempo de atención a un cliente. Mientras que en una gráfica de atributos sólo medimos la característica del producto como bueno (no defectuoso o aceptable) o defectuoso (inaceptable) –por ejemplo, una lámpara incandescente (foco) que sale de una línea de producción es bueno (enciende) o defectuoso (no enciende), o el servicio en un restaurante, el cual se puede evaluar únicamente como, bueno o malo.

Como gráficas de control para variables tenemos: la gráfica de control para medias de un proceso y la gráfica de control para variabilidad de procesos. Mientras que para el control de los atributos tenemos: la gráfica de control para atributos.

Estos diagramas le indican a un operario en la línea de producción, a un supervisor, a un ingeniero de calidad o a un gerente, cuándo la producción de una o varias partes de un producto o bien la prestación de un servicio, está bajo control o fuera de éste. Si la situación en la línea o en el servicio que se presta está fuera de control, la gráfica de control no puede corregir la situación, ya que es sólo un documento con números y puntos; sin embargo, la persona responsable de esta parte del proceso, podrá realizar los ajustes necesarios para regresar la línea de producción o la prestación del servicio a un estado de control, lo que permite de manera inmediata mejorar la calidad de un bien o de un servicio.

GRÁFICA DE CONTROL PARA MEDIAS DE PROCESOS: GRÁFICA \bar{X}

Este tipo de gráfica de control estadístico de calidad emplea los conceptos teóricos de la estadística descriptiva y del muestreo.

Consideraciones teóricas

Para efectos de este análisis consideraremos una unidad física que tiene por objeto atender a clientes o ciudadanos –por ejemplo, una caja rápida en un supermercado, en un banco o bien en una oficina de la Tesorería. Bajo este antecedente, se selecciona una muestra pequeña de clientes en la caja –por ejemplo, cinco clientes– y se calcula la media aritmética⁷ del tiempo requerido de atención de ellos en ésta (*muestra \bar{X}_1*).

$$\bar{X}_1 = \frac{\sum_{i=1}^5 \text{cliente 1} + \text{cliente 2} + \text{cliente 3} + \text{cliente 4} + \text{cliente 5}}{5}$$

Se selecciona posteriormente varias muestras más del mismo tamaño y también se calcula su respectivo promedio o media aritmética, es decir, se cuenta con las medias de las diversas muestras ($\bar{X}_1, \bar{X}_2, \bar{X}_3 \dots \bar{X}_k$). Finalmente se calcula la media de las medias muestrales ($\bar{\bar{X}}$) que se denota como equis doble barra (ecuación 1).

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{X}_i}{k} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \bar{X}_3 + \dots + \bar{X}_k}{k} \quad (1)$$

El error estándar⁸ de la distribución de esas medias muestrales (2) se denomina como $\sigma_{\bar{X}}$ (sigma de equis barra), y se calcula mediante:

$$\sigma_{\bar{X}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (2)$$

⁷ Véase media aritmética en J. Rodríguez, A. Pierdant y C. Rodríguez, *Estadística para administración*, México, Grupo Editorial Patria, 2008, pp. 102-113.

⁸ *Ibid.*, pp. 318.

Por lo tanto, la media aritmética (promedio) de una población (lote de servicios) es igual a la media de todas las medias de las muestras aleatorias que fueron seleccionadas de esa población. Al mismo tiempo se observa que, la dispersión total en la población (σ) es mayor que la de la distribución de las medias muestrales, en el factor \sqrt{n} (ecuación 2). También puede observarse que aun si la población es normal sólo en forma aproximada, las inferencias con respecto a la distribución de las medias muestrales pueden obtenerse con base en una distribución normal como se muestra en el Cuadro 1.

CUADRO 1

Porcentaje de los promedios de las muestras (%)	Número de errores estándar dentro de la media de la población
68.26	1 error ($\pm 1 \sigma$)
95.44	2 errores ($\pm 2 \sigma$)
99.74	3 errores ($\pm 3 \sigma$)

Estas relaciones permiten establecer límites alrededor de los promedios de las muestras para mostrar qué tanta variación puede esperarse. Estos límites esperados, en calidad, reciben el nombre de Límite Superior de Control (LSC) y Límite Inferior de Control (LIC).

La gráfica de control para medias de procesos tiene como objetivo mostrar las fluctuaciones de las medias muestrales que se presentan dentro de estos límites. Si las medias muestrales caen dentro de los límites establecidos para un proceso (rango de aceptación), se dice que la variación que presenta el proceso sólo es aleatoria. Pero si las medias muestrales exceden el límite superior de control (LSC) o bien, caen por debajo del límite inferior de control (LIC), entonces el proceso de producción o un servicio está fuera de control, y deberá corregirse.

En el control estadístico de la calidad de un producto o servicio deben establecerse ambos límites de control⁹ (LSC y LIC) alrededor de la media de las muestras \bar{X} . Para ello se emplea una regla empírica que establece que, el 99.74% de todas las observaciones en una distribución normal estarán dentro de este rango. Con base en ella, nuestros límites de control estarán definidos como:

⁹ D. Anderson, D. Sweeney y T. Williams, *Estadística para administración y economía*, México, Thomson, 2004, pp. 825-830. También puede consultarse en R. Mason y D. Lind, *Estadística para administración y economía*, México, Alfaomega, 1998, pp. 911-915.

- Límite superior de control (LSC) para las medias de procesos:

$$LSC \bar{X} = \bar{\bar{X}} + 3 \sigma \bar{X} \quad (3)$$

- Límite inferior de control (LIC) para las medias de procesos:

$$LIC \bar{X} = \bar{\bar{X}} - 3 \sigma \bar{X} \quad (4)$$

Sin embargo, en la práctica el error estándar de las medias muestrales ($3 \sigma \bar{X}$) se desconoce, entonces su valor se estima a través de $A_2 \bar{R}$, en donde, \bar{R} es el rango promedio de los rangos muestrales, A_2 , es una constante determinada con base al tamaño de la muestra y cuyos valores se obtienen al consultar la tabla denominada: “Factores críticos de las gráficas de control”.¹⁰ Con base en estas estimaciones, nuestros límites de control del proceso se determinan con:

- Límite superior de control (LSC) para las medias de procesos:

$$LSC \bar{X} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} \quad (5)$$

- Límite inferior de control (LIC) para las medias de procesos:

$$LIC \bar{X} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} \quad (6)$$

Con base en estos límites, (5) y (6), el analista puede elaborar un gráfico de control para las medias de procesos que le permita determinar si su proceso de producción o la prestación de un servicio se encuentran dentro de los estándares de calidad establecidos para ello. En aquellos casos donde esto

¹⁰ Una copia de esta tabla se anexa al final de este documento. Todos los libros especializados de control estadístico de calidad anexan una tabla de estos factores críticos. Como ejemplo de ello tenemos A.J. Duncan, *Quality Control and Industrial Statistics*, USA, IRWIN, 1986; J.R. Evans y W.M. Lindsay, *The Management and Control of Quality*, USA, South-Western, 1998; K. Ishikawa, *Introduction to Quality Control*, USA, Kluwer Academic, 1991; y D.C. Montgomery, *Introduction to Statistical Quality Control*, USA, Wiley, 1996.

no sea así, entonces el analista de calidad deberá encontrar las causas de esta variabilidad para corregir la situación y regresar el proceso de producción o la prestación de un servicio a los estándares de calidad especificados.

Otra herramienta gráfica que nos permite analizar la calidad de un servicio y que complementa al gráfico anterior es la gráfica de control de variabilidad de procesos o gráfica R.

GRÁFICA DE CONTROL PARA VARIABILIDAD DE PROCESOS: GRÁFICA R

Como ya indicamos, la calidad de un producto o servicio implica consistencia, confiabilidad y cumplimiento de los requerimientos para lo cual fue diseñado, de ahí que la variabilidad en esos requerimientos representa una disminución de calidad. Las gráficas de control para variabilidad (o amplitud) de un servicio tienen como objetivo determinar si las variaciones (totales) de las muestras de éste se encuentran bajo control o fuera de él. Si los puntos que representan dichas amplitudes se encuentran dentro de los límites superior e inferior, nos permiten concluir que el servicio está bajo control. Por el contrario, si una variación queda arriba o debajo de los límites, se concluye que alguna causa asignable lo afecta de modo que algunos servicios presentan una variabilidad notoria (mayor o menor tiempo de atención a un cliente, distorsiones en el tiempo de atención a un cliente, apreciación del nivel de servicio por parte de un cliente (malo, regular, bueno, muy bueno, excelente), o bien, una variación en la característica que se esté analizando.

Es importante considerar que mientras que en una gráfica de control para la media \bar{X} se establecen límites para la media de muestras, en las gráficas de control de variabilidad la medición que se establece va dirigida a las observaciones individuales y no a las muestras. Esto último se debe a que la variabilidad en las medias de las muestras es mayor que la observada en una observación individual.

Las gráficas de control para medir la variabilidad de un proceso de producción o servicio reciben el nombre de gráficas R. En ellas se grafican los valores de los rangos¹¹ de cada una de las muestras. En estas gráficas la línea central está ubicada en el valor promedio de los rangos (\bar{R}); y los límites de control se establecen con base en la distribución muestral de los rangos (R).

La distribución muestral de los rangos (R) se calcula a partir de su desviación estándar mediante la relación siguiente:

¹¹ Rango₅ = dato de mayor valor – dato de menor valor, en la muestra.

$$\sigma_R = d_3 \sigma \quad (7)$$

donde,

σ = desviación estándar de la población

d_3 = factor de dispersión calculado con base al número de datos de cada muestra "n".

Los valores correspondientes a d_3 se obtienen de la tabla de "Factores críticos de las gráficas de control" que se anexa.

Por otro lado, la desviación estándar de la población puede sustituirse por:

$$\bar{R} / d_2$$

También los valores de d_2 se obtienen de la tabla (Factores críticos de las gráficas de control) que se anexa.

Entonces, la desviación estándar de los rangos es:

$$\sigma_R = d_3 \bar{R} / d_2$$

por lo que los límites de control para la variación¹³ (superior LSC_R , e inferior LIC_R) de los procesos se pueden establecer como:

$$LSC_R = \bar{R} + 3\sigma_R = \bar{R} + 3d_3 \bar{R} / d_2 = \bar{R} (1 + 3^{d_3} / d_2)$$

$$LIC_R = \bar{R} - 3\sigma_R = \bar{R} - 3d_3 \bar{R} / d_2 = \bar{R} (1 - 3^{d_3} / d_2)$$

¹³ D. Anderson, D. Sweeney y T. Williams, *Estadística para administración y economía*, Thomson, México, 2004, pp. 830-831. También puede consultarse en R. Mason y D. Lind, *Estadística para administración y economía*, México, Alfaomega, 1998, pp. 915-919.

donde,

$$D_4 = \left(1 + 3^{d_3/d_2} \right) \quad \text{y} \quad D_3 = \left(1 - 3^{d_3/d_2} \right)$$

Por lo que al sustituir estos valores (D_4 y D_3) en las ecuaciones de los límites de control para la variación obtenemos:

$$LSC_R = \bar{R}D_4 \quad (8)$$

$$LIC_R = \bar{R}D_3 \quad (9)$$

Para facilitar los cálculos en los laboratorios de calidad o en la línea de producción o en las áreas de servicios, los valores de D_4 y D_3 también se obtienen de la tabla de “Factores críticos de las gráficas de control” que hemos anexado.

En las gráficas de control para variabilidad de procesos, el cálculo de los límites de control deberá considerar lo siguiente (ecuaciones 8 y 9). El rango de una muestra siempre es un número positivo, sin embargo, cuando $n \leq 6$, el LIC_R calculado con la ecuación 9, será negativo. En estos casos, el valor de ese límite será igual a cero. Por ello los valores de D_3 en la tabla de “Factores críticos de las gráficas de control” toman valor cero.

CALIDAD EN SERVICIOS

Para mostrar la sencillez de las herramientas gráficas de medición de la calidad de un servicio, presentaremos aquí los resultados de una breve investigación sobre tiempos de atención a clientes en una caja rápida (expres) de un supermercado al sur de la ciudad de México.

El objetivo del estudio consistió en determinar si el tiempo de atención al cliente (en segundos) se encontraba dentro de los estándares de atención establecidos por la tienda para su caja rápida.

La herramienta estadística propuesta para probar esta hipótesis es la elaboración de gráficas de control para variables (gráfica de control para medias de un proceso y la gráfica de control para variabilidad de procesos).

Procedimiento

Se realizaron 210 mediciones del tiempo requerido de atención (en segundos) en una caja rápida. En este tipo de caja, sólo está permitido un máximo de 8 artículos por cliente.¹⁴ La muestra se obtuvo realizando la medición del tiempo de atención durante tres semanas de operación (Cuadro 2). Las mediciones del servicio se realizaron en los dos turnos de operación de la caja.

El muestreo consistió en tomar el tiempo de cada cliente desde que llega a la caja y se retira de ella mediante un cronómetro digital. Se tomaron los tiempos de atención de diez clientes por día de manera aleatoria dentro del turno de trabajo del cajero que atiende esta caja.

CUADRO 2
Tiempo de atención a cliente en caja rápida

Muestra	Tiempo requerido por cliente (segundos)									
Lunes	33	37	39	39	31	35	31	39	37	34
Martes	36	30	33	37	33	39	37	35	35	35
Miércoles	40	40	32	31	34	40	30	31	34	35
Jueves	33	38	31	40	36	36	40	39	38	31
Viernes	32	38	32	33	32	34	35	34	40	35
Sábado	41	37	44	44	36	36	35	38	41	37
Domingo	37	39	45	41	41	43	38	45	44	39
Lunes	31	40	40	38	36	38	36	36	30	40
Martes	35	36	39	34	32	35	31	38	34	33
Miércoles	40	30	36	34	38	38	34	39	40	30
Jueves	38	34	36	38	35	38	32	35	31	33
Viernes	32	36	40	37	38	40	40	38	30	36
Sábado	41	40	41	35	45	43	40	39	45	44
Domingo	42	45	44	45	45	45	41	43	39	41
Lunes	33	32	34	39	35	33	39	35	32	35
Martes	39	36	40	32	36	36	32	32	33	40
Miércoles	38	34	34	38	36	36	32	40	38	38
Jueves	30	33	38	34	33	32	36	40	37	38
Viernes	36	34	40	35	39	33	39	30	31	31
Sábado	45	36	39	43	39	40	39	37	44	45
Domingo	36	36	44	35	39	36	40	44	41	37

¹⁴ En realidad este es un promedio de artículos por cliente, ya que en varios casos durante la medición los clientes llegaron a presentar compras con más de 8 artículos.

Con ayuda de una hoja electrónica, calculamos la media aritmética del tiempo de atención y el rango para cada una de las muestras, como se observa en el Cuadro 3.

CUADRO 3
*Cáculo de medias y rangos para tiempo
de atención a cliente en cajero rápido*

Muestra	Tiempo requerido por cliente (segundos)										\bar{X}	R
Lunes	33	37	39	39	31	35	31	39	37	34	36	8
Martes	36	30	33	37	33	39	37	35	35	35	35	9
Miércoles	40	40	32	31	34	40	30	31	34	35	35	10
Jueves	33	38	31	40	36	36	40	39	38	31	36	9
Viernes	32	38	32	33	32	34	35	34	40	35	35	8
Sábado	41	37	44	44	36	36	35	38	41	37	39	9
Domingo	37	39	45	41	41	43	38	45	44	39	41	8
Lunes	31	40	40	38	36	38	36	36	30	40	37	10
Martes	35	36	39	34	32	35	31	38	34	33	35	8
Miércoles	40	30	36	34	38	38	34	39	40	30	36	10
Jueves	38	34	36	38	35	38	32	35	31	33	35	7
Viernes	32	36	40	37	38	40	40	38	30	36	37	10
Sábado	41	40	41	35	45	43	40	39	45	44	41	10
Domingo	42	45	44	45	45	45	41	43	39	41	43	6
Lunes	33	32	34	39	35	33	39	35	32	35	35	7
Martes	39	36	40	32	36	36	32	32	33	40	36	8
Miércoles	38	34	34	38	36	36	32	40	38	38	36	8
Jueves	30	33	38	34	33	32	36	40	37	38	35	10
Viernes	36	34	40	35	39	33	39	30	31	31	35	10
Sábado	45	36	39	43	39	40	39	37	44	45	41	9
Domingo	36	36	44	35	39	36	40	44	41	37	39	9

Excel permite calcular la media aritmética con la función PROMEDIO.¹⁵ Esta función está definida como = PROMEDIO (rango de datos).

Posteriormente calculamos la media de las medias de atención (36.91 segundos) y el promedio de los rangos (8.71 segundos).

En la tabla de “Factores críticos de la gráficas de control”, se muestra el valor de A_2 para cada tamaño de muestra (para $n = 10$, $A_2 = 0.308$). Con este valor calculamos los límites de control del tiempo de atención en la caja rápida.

¹⁵ Véase funciones estadísticas y elaboración de gráficas en hojas electrónicas de Excel en Microsoft, *Excel User's Guide*, USA, Microsoft Corporation, 2007.

Límite superior de control (LSC) para las medias de procesos (ecuación 5):

$$LSC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$$

$$LSC_{\bar{X}} = 36.91 + (0.308)(8.71)$$

$$LSC_{\bar{X}} = 39.593$$

Límite inferior de control (LIC) para las medias de procesos (ecuación 6):

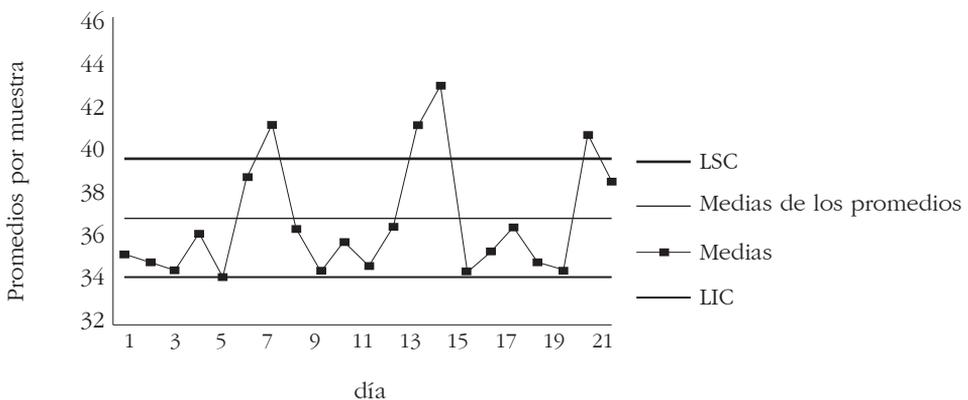
$$LIC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$$

$$LIC_{\bar{X}} = 36.91 - (0.308)(8.71)$$

$$LIC_{\bar{X}} = 34.227$$

Con ayuda de Excel construimos la gráfica de control (Gráfica 1) para la media de tiempos de servicio en la caja rápida.

GRÁFICA 1
Gráfica de control para la media de tiempos de servicio en caja rápida



Por otro lado, ya que contamos con la información del cálculo de los rangos (Cuadro 3), podemos construir también un gráfico de control para variabilidad de procesos (gráfica R).

También Excel permite calcular el rango de una muestra mediante la diferencia entre la función MAX () y MIN (). El cálculo del rango de una muestra se obtiene mediante:

$$= \text{MAX}(\text{rango de datos}) - \text{MIN}(\text{rango de datos})$$

Retomando los datos del estudio, obtendríamos los límites de control por rango para la gráfica R mediante los pasos siguientes:

1. Obtenemos los valores d_2 y d_3 de la tabla que se anexa. Para $n = 10$, $d_2 = 3.078$ y $d_3 = 0.797$.
2. Calculamos los límites de control por rangos del proceso.

$$LSC_R = \bar{R} \left(1 + 3^{d_3/d_2} \right)$$

$$LSC_R = (8.71) (1 + 3^{(0.797)/3.078})$$

$$LSC_R = 15.475$$

$$LIC_R = \bar{R} \left(1 - 3^{d_3/d_2} \right)$$

$$LIC_R = (8.71) (1 - 3^{(0.797)/3.078})$$

$$LIC_R = 1.944$$

3. O bien, si nos encontráramos en la línea de producción o de servicios (en el punto de observación de la operación de la caja rápida), los límites de control por rangos, los obtendríamos con las ecuaciones 8 y 9 y los valores D_4 y D_3 de la tabla que se anexa, para $n = 10$ ($D_4 = 1.777$, $D_3 = 0.223$).

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

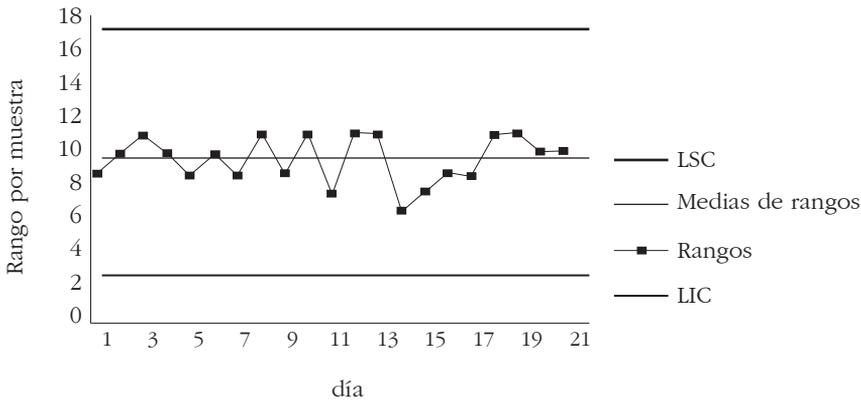
$$LSC_R = (8.71) (1.777) = 15.477$$

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

$$LIC_R = (8.71) (0.223) = 1.942$$

Con esta información podemos construir la Gráfica 2 de control para variabilidad del proceso del tiempo de atención en el cajero rápido del supermercado.

GRÁFICA 2
Control de rangos para caja rápida



Un análisis de la Gráfica 1 nos muestra que los tiempos del servicio de la caja rápida están fuera de control debido a una variación de causa asignable.

Se observa que el empleado encargado de la caja trabaja muy rápidamente de lunes a viernes (menos de 37 segundos en promedio por cliente), pero los fines de semana, sábado y domingo su eficiencia cae (más de 39 segundos) como puede observarse en el primer domingo (41 seg.), el segundo sábado (41 seg.) y domingo (43 seg.) y el último sábado (41 seg.) estudiado.

Es muy probable que esta variación en la velocidad promedio de la atención al cliente se deba a la fatiga acumulada de los primeros días de la semana o bien, a que el número de artículos a comprar por el cliente en la caja rápida crece demasiado los fines de semana.

Con estos resultados se puede proponer la rotación del empleado que atiende la caja rápida los fines de semana o bien, abrir otra caja de este tipo esos días lo que permitiría atender a los clientes dentro de los estándares predefinidos (37 segundos en promedio).

Por otro lado, en la Gráfica 2 podemos observar que el proceso en la variabilidad de la atención a clientes está bajo control; es decir, el tiempo requerido de atención de un cliente está dentro de los estándares establecidos al observar que los rango de tiempo de las tres semanas se encuentra dentro

de los límites, no así el tiempo promedio requerido de atención a cada cliente como se observó en la Gráfica 1.

CONCLUSIÓN

En las áreas de gestión de la calidad de servicios es frecuente encontrarse con técnicas cualitativas de evaluación que permiten en cierta medida establecer parámetros y evaluar la calidad de un servicio; sin embargo, consideramos que técnicas cuantitativas simples como las que se han mostrado aquí pueden aplicarse a una gran variedad de servicios públicos y privados. Desafortunadamente, la gerencia general de una empresa o una organización que presta un servicio se ve agobiada por una infinidad de problemas operativos que le impide aplicar estas técnicas.

Consideramos que las gráficas básicas para control de variables que hemos mostrado, son un buen punto de partida para comprender los mecanismos que se requieren en el control de la calidad de un servicio.

La sencillez en su elaboración permite al analista considerarlos como una herramienta más de análisis de la calidad. Los conocimientos de estadística requeridos previamente por el analista o administrador se limitan únicamente a cálculos de medias aritméticas y rangos, por lo que su aplicación e implementación en áreas de servicio parece ser simple y de manera inmediata.

El uso de esta herramienta estadística presenta su mayor complejidad cuando el analista tiene que definir la variable cuantitativa que mide el servicio y el procedimiento de muestreo a emplear que le permita obtener una medición.

Este material de análisis de calidad de un servicio, que combina el uso de elementos estadísticos básicos y una herramienta informática, pretende proporcionar al encargado o gerente de un servicio un instrumento simple que le permita establecer, en una primera instancia, los criterios de calidad adecuados para, posteriormente, cuantificar la calidad de su servicio y satisfacer, mediante criterios de calidad, las necesidades de sus clientes.

ANEXO
Anexo Factores críticos de las gráficas de control

n	Gráfica para promedios		Gráfica para rangos		
	Factor para el límite de control	Factor para la recta central	Factores de los límites de control		
	A_2	d_2	D_3	D_4	d_3
2	1.880	1.128	0	3.267	0.8525
3	1.023	1.693	0	2.575	0.8884
4	0.729	2.059	0	2.282	0.8798
5	0.577	2.326	0	2.115	0.8641
6	0.483	2.534	0	2.004	0.8480
7	0.419	2.704	0.076	1.924	0.833
8	0.373	2.847	0.136	1.864	0.820
9	0.337	2.970	0.184	1.816	0.808
10	0.308	3.078	0.223	1.777	0.797
11	0.285	3.173	0.256	1.744	0.787
12	0.266	3.258	0.284	1.716	0.778
13	0.249	3.336	0.308	1.692	0.770
14	0.235	3.407	0.329	1.671	0.762
15	0.223	3.472	0.348	1.652	0.755
16	0.212	3.532	0.364	1.636	0.749
17	0.203	3.588	0.379	1.621	0.743
18	0.194	3.640	0.392	1.608	0.738
19	0.187	3.689	0.404	1.596	0.733
20	0.180	3.735	0.414	1.586	0.729
21	0.173	3.778	0.425	1.575	0.724
22	0.167	3.819	0.434	1.566	0.720
23	0.162	3.858	0.443	1.557	0.716
24	0.157	3.895	0.452	1.548	0.712
25	0.153	3.931	0.459	1.541	0.709

FUENTE: los valores de d_2 y d_3 provienen de E.S. Pearson, "The Percentage Limites for the Distribution of Range in Samples from a Normal Population", *Biometrika*, 24, 1932, p. 416. Utilizado con la autorización de los fideicomisarios de *Biometrika*.

$$A_2 = 3/(d_2 \bar{n}), D_3 = 1 - 3(d_3/d_2), D_4 = 1 + 3(d_3/d_2).$$

FUENTE: Allen L. Webster, *Estadística aplicada a los negocios y la economía*, Colombia, Irwin McGraw-Hill, 2000, p. 626.