

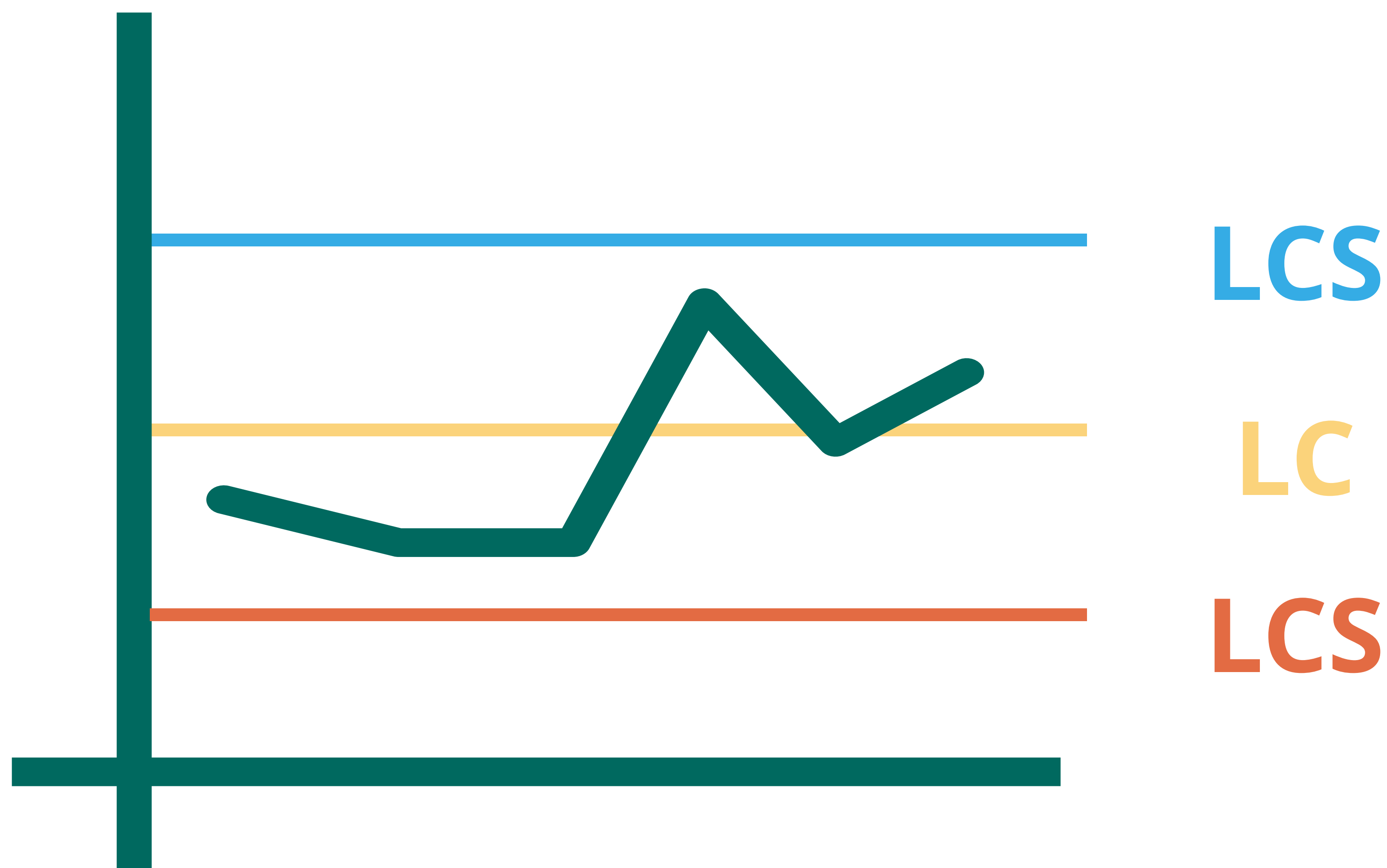
Gráficas de control de variables

CONCEPTO

Una gráfica de control de una característica de proceso, como la media o la variación, consiste en mostrar valores graficados en secuencia a lo largo del tiempo e incluye:

- una línea central (LC) que es el valor central de las mediciones
- un límite de control inferior (LCI)
- un límite de control superior (LCS)

Estos límites (LCS y LCI) son las fronteras que nos señalan los puntos considerados inusuales o que no cumplen con las especificaciones.



• Gráfica R o gráfica de rangos

Se utiliza para hacer un seguimiento o una supervisión de la variación en un proceso. Con ella se determina si la variación de los datos de un proceso está bajo control estadístico.

Es una gráfica de los rangos muestrales, en vez de valores muestrales individuales. Son eficaces cuando el tamaño de las muestras es de 10 o menos.

Ejemplo:

Rangos muestrales	Ventas										
	Producto 1	200.3	202	199.6	199.5	200.5	199.3	200.1	198.9	200.3	200.8
	Producto 2	200.2	200.9	199.5	199.5	200.4	200.5	199.5	200.4	199.1	199.1
	Producto 3	200.1	200.8	199.5	199.5	200.4	199.6	199.5	200.4	200.8	200
	Producto 4	200.1	200.5	199.5	198.1	199.3	199.8	200.8	200.3	199.3	200.2
	Producto 5	200	200.4	199.3	199	198.1	198.1	200	198.9	200.1	199.3
	Producto 6	199.9	200.4	199.3	200.3	199.1	200.3	200.5	199.5	200.2	199.1
	Producto 7	199.8	200.3	199.3	200.2	200	198.9	200.1	199.6	199.5	200
	Producto 8	199.6	200.2	199.1	200.1	200.3	200.4	200	198.9	200.1	200.1
	Producto 9	199.5	200.1	199	200.3	199.1	200.4	200.5	199.5	198.8	200.2
	Producto 10	199.5	200.1	198.9	200.2	200.4	199.3	199.9	198.1	198.1	199.5
	Producto 11	199.5	200	198.9	200.1	199.5	199.5	200.4	200	200.3	199.3
Producto 12	199.3	199.9	198.1	198.1	199.6	199.5	199.3	199.1	200.8	199.9	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Muestra (n=10)

n = tamaño de la muestra o subgrupos (10)

\bar{R} = media de los rangos muestrales, es decir, la suma de los rangos muestrales dividida entre el número de éstos:

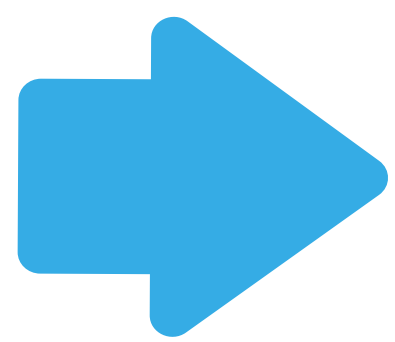
$$3.1 + 1.8 + 1.3 + \dots + 2.7 = 23.5$$

$$23.5 / 12 = 1.9583$$

Rangos muestrales	Ventas										rango	
	Producto 1	200.3	202	199.6	199.5	200.5	199.3	200.1	198.9	200.3		200.8
	Producto 2	200.2	200.9	199.5	199.5	200.4	200.5	199.5	200.4	199.1	199.1	1.8
	Producto 3	200.1	200.8	199.5	199.5	200.4	199.6	199.5	200.4	200.8	200	1.3
	Producto 4	200.1	200.5	199.5	198.1	199.3	199.8	200.8	200.3	199.3	200.2	2.7
	Producto 5	200	200.4	199.3	199	198.1	198.1	200	198.9	200.1	199.3	2.3
	Producto 6	199.9	200.4	199.3	200.3	199.1	200.3	200.5	199.5	200.2	199.1	1.4
	Producto 7	199.8	200.3	199.3	200.2	200	198.9	200.1	199.6	199.5	200	1.4
	Producto 8	199.6	200.2	199.1	200.1	200.3	200.4	200	198.9	200.1	200.1	1.5
	Producto 9	199.5	200.1	199	200.3	199.1	200.4	200.5	199.5	198.8	200.2	1.5
	Producto 10	199.5	200.1	198.9	200.2	200.4	199.3	199.9	198.1	198.1	199.5	2.3
	Producto 11	199.5	200	198.9	200.1	199.5	199.5	200.4	200	200.3	199.3	1.5
Producto 12	199.3	199.9	198.1	198.1	199.6	199.5	199.3	199.1	200.8	199.9	2.7	

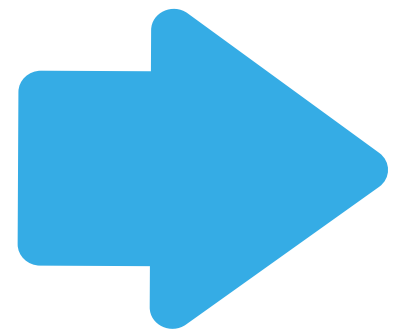
Fórmulas para calcular el LCS y LCI

$$LC = \bar{R}$$



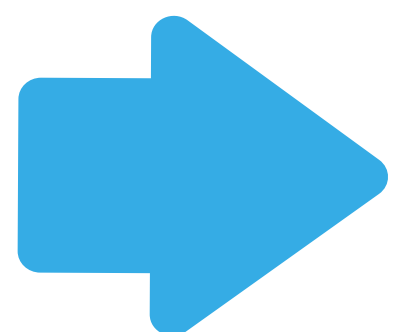
$$LC = 1.9583$$

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



$$(1.777)(1.9583) = 3.4793$$

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

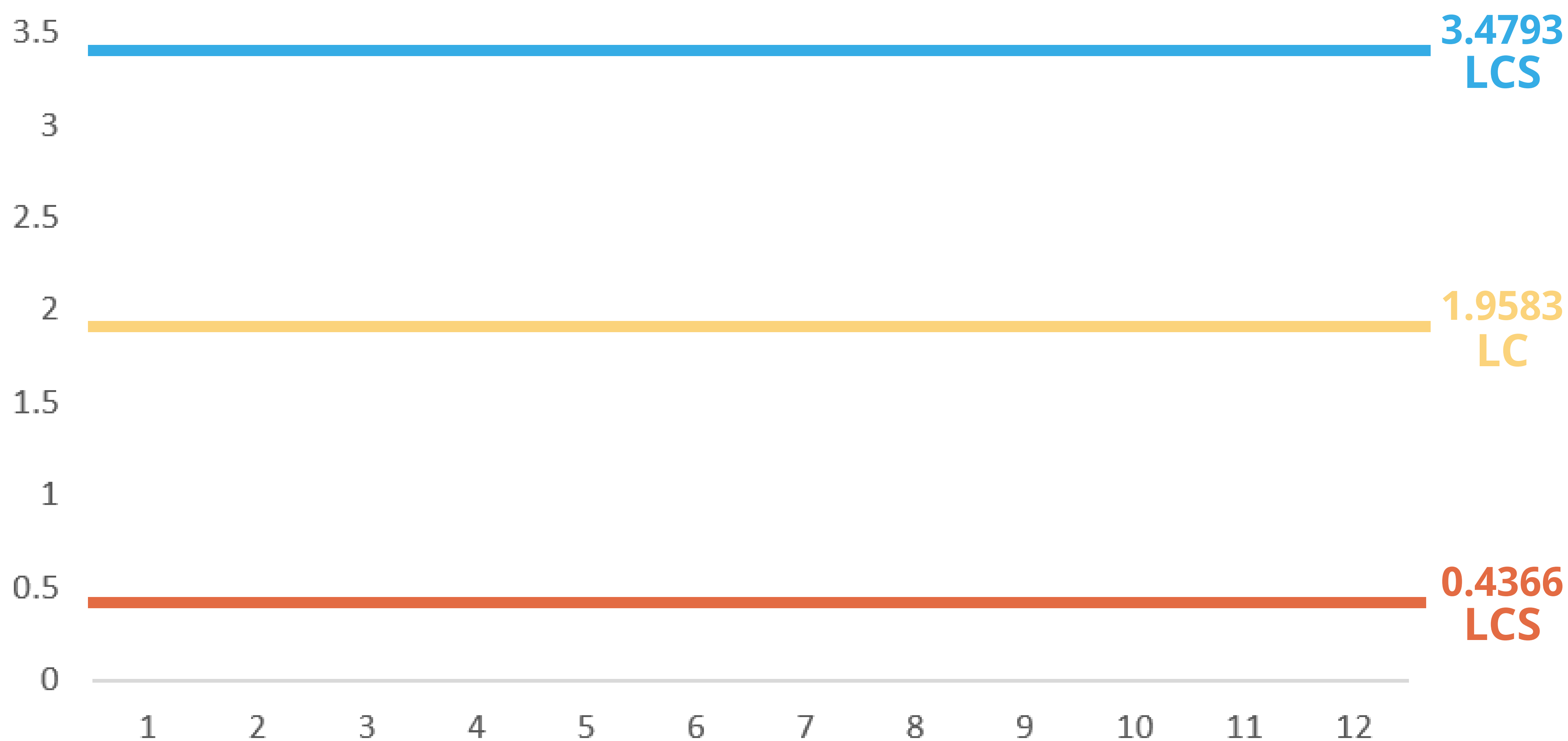


$$(0.223)(1.9583) = 0.4366$$

Importante:

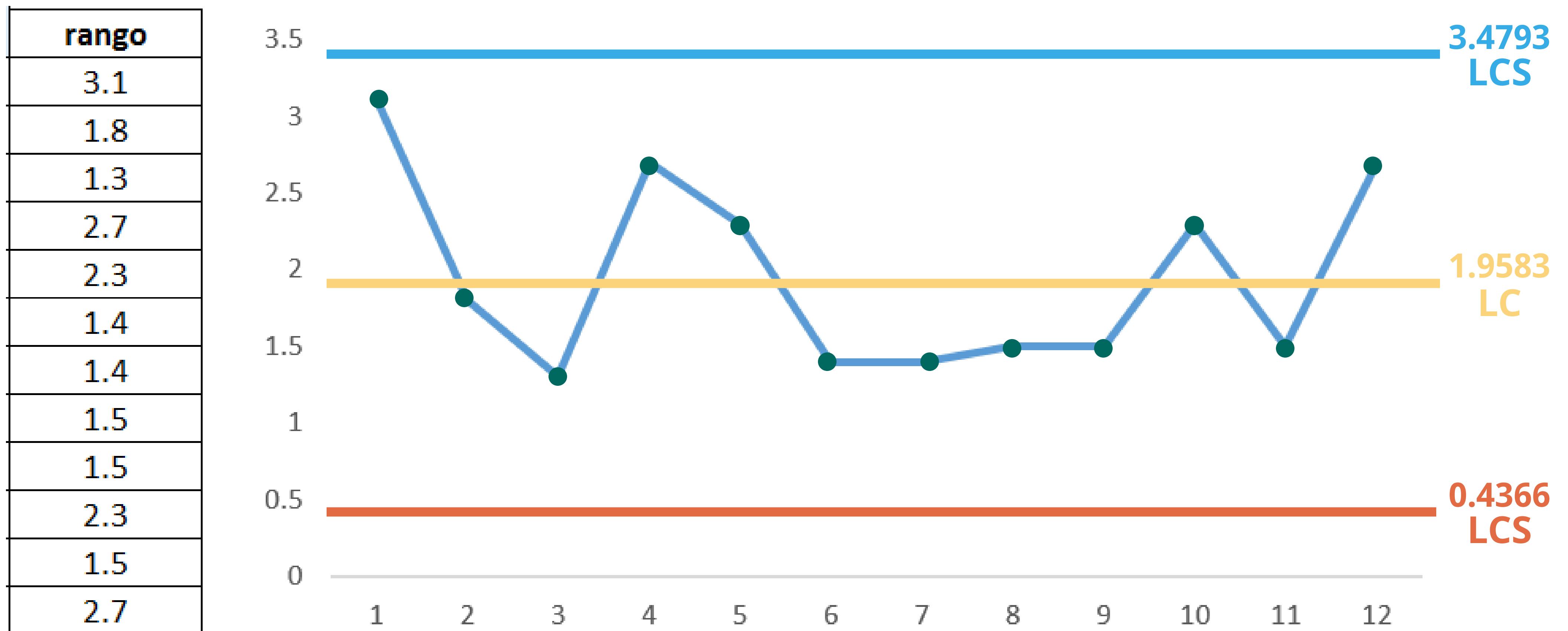
Los factores D_3 y D_4 se obtienen de tablas de Dodge-Romig y son casi equivalentes a los límites de un intervalo de confianza del 99.7%.

Se grafica:



Ahora que tenemos definidos los límites hay que graficar los 12 rangos muestrales como 12 puntos individuales:

Se grafica:



Interpretación

Los límites de control superior e inferior de una gráfica de control se basan en el comportamiento real del proceso, y no en el comportamiento *deseado*.

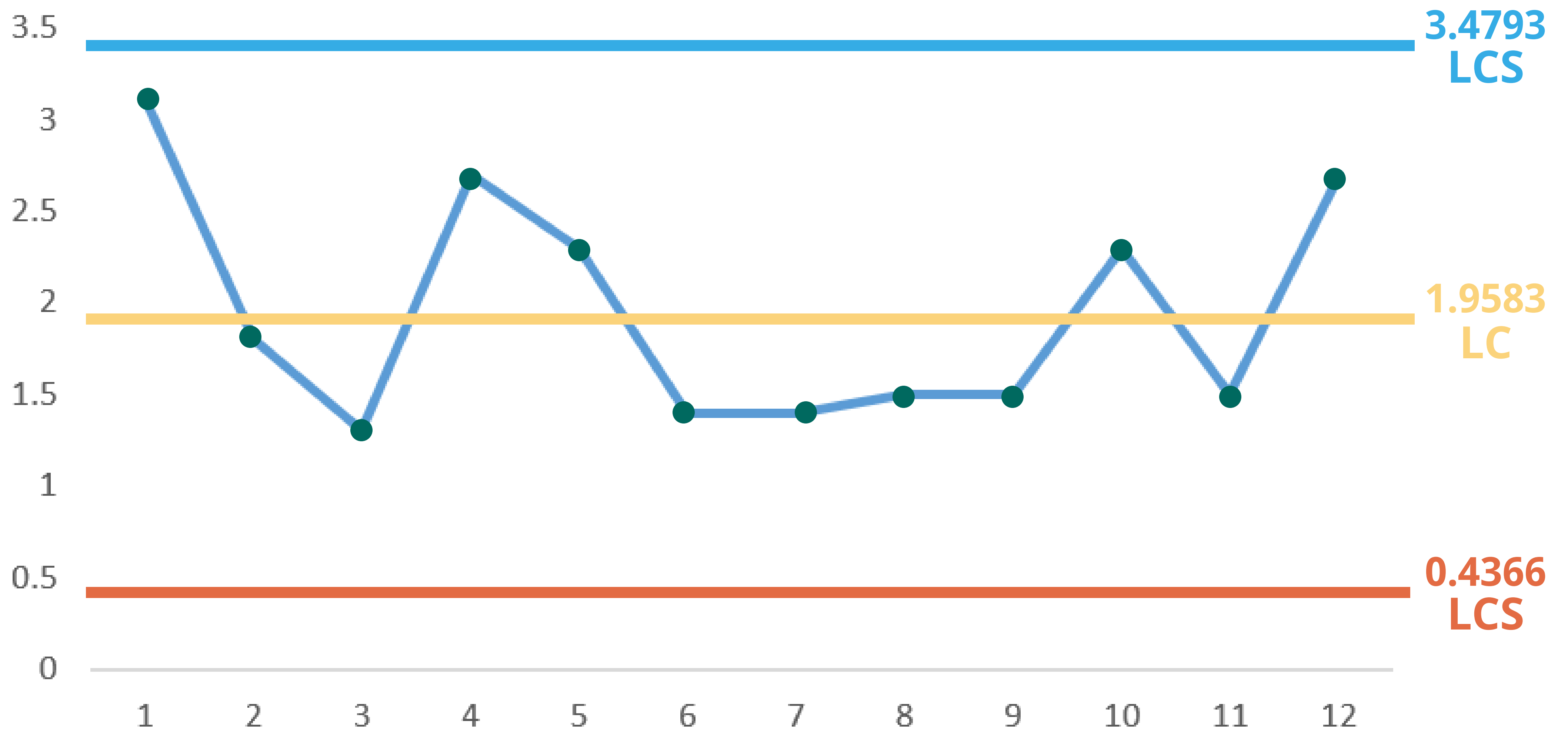
Responden a la pregunta **¿el proceso está bajo control estadístico?**

Criterios para determinar cuando el proceso NO ESTÁ CONTROLADO (está fuera de control estadístico)

1. Hay una tendencia que evidentemente no es aleatorio.
2. Hay un punto que está fuera de la región entre los límites de control superior e inferior.
3. *Regla de la racha de 8*: existen ocho puntos consecutivos, todos por encima o debajo de la línea central.

En nuestra gráfica, podemos concluir que la variación del proceso está bajo control estadístico porque:

1. No existe un patrón que no sea aleatorio.
2. No hay ningún punto fuera de los límites superior e inferior.
3. No hay ocho puntos consecutivos por arriba o por debajo de la línea central.



• Gráfica \bar{X} o gráfica de medias

Es una gráfica de las medias muestrales que permite monitorear el *centro* en un proceso.

A continuación se presenta un ejemplo con datos del ejercicio anterior.

n = tamaño de la muestra o subgrupos (10)

$\bar{\bar{x}}$ = media de todas las medias muestrales, es decir, la media de todos los valores muestrales combinados:

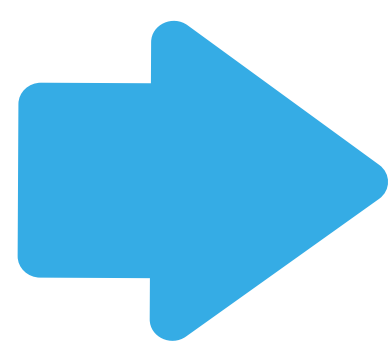
$$200.13 + 199.91 + 200.06 + \dots + 199.36 = 2396.97$$

$$2396.97 / 12 = 199.7475$$

	Ventas										media
Producto 1	200.3	202	199.6	199.5	200.5	199.3	200.1	198.9	200.3	200.8	200.13
Producto 2	200.2	200.9	199.5	199.5	200.4	200.5	199.5	200.4	199.1	199.1	199.91
Producto 3	200.1	200.8	199.5	199.5	200.4	199.6	199.5	200.4	200.8	200	200.06
Producto 4	200.1	200.5	199.5	198.1	199.3	199.8	200.8	200.3	199.3	200.2	199.79
Producto 5	200	200.4	199.3	199	198.1	198.1	200	198.9	200.1	199.3	199.32
Producto 6	199.9	200.4	199.3	200.3	199.1	200.3	200.5	199.5	200.2	199.1	199.86
Producto 7	199.8	200.3	199.3	200.2	200	198.9	200.1	199.6	199.5	200	199.77
Producto 8	199.6	200.2	199.1	200.1	200.3	200.4	200	198.9	200.1	200.1	199.88
Producto 9	199.5	200.1	199	200.3	199.1	200.4	200.5	199.5	198.8	200.2	199.74
Producto 10	199.5	200.1	198.9	200.2	200.4	199.3	199.9	198.1	198.1	199.5	199.4
Producto 11	199.5	200	198.9	200.1	199.5	199.5	200.4	200	200.3	199.3	199.75
Producto 12	199.3	199.9	198.1	198.1	199.6	199.5	199.3	199.1	200.8	199.9	199.36

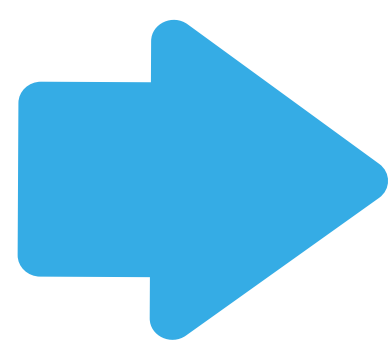
Fórmulas para calcular el LCS y LCI

$$LC = \bar{\bar{x}}$$



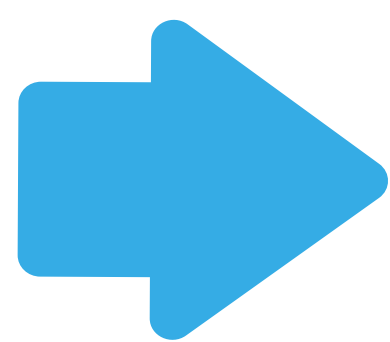
$$LC = 199.7475$$

$$LCS = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R}$$



$$199.7475 + (0.308)(1.9583) = 200.3506$$

$$LCI = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R}$$

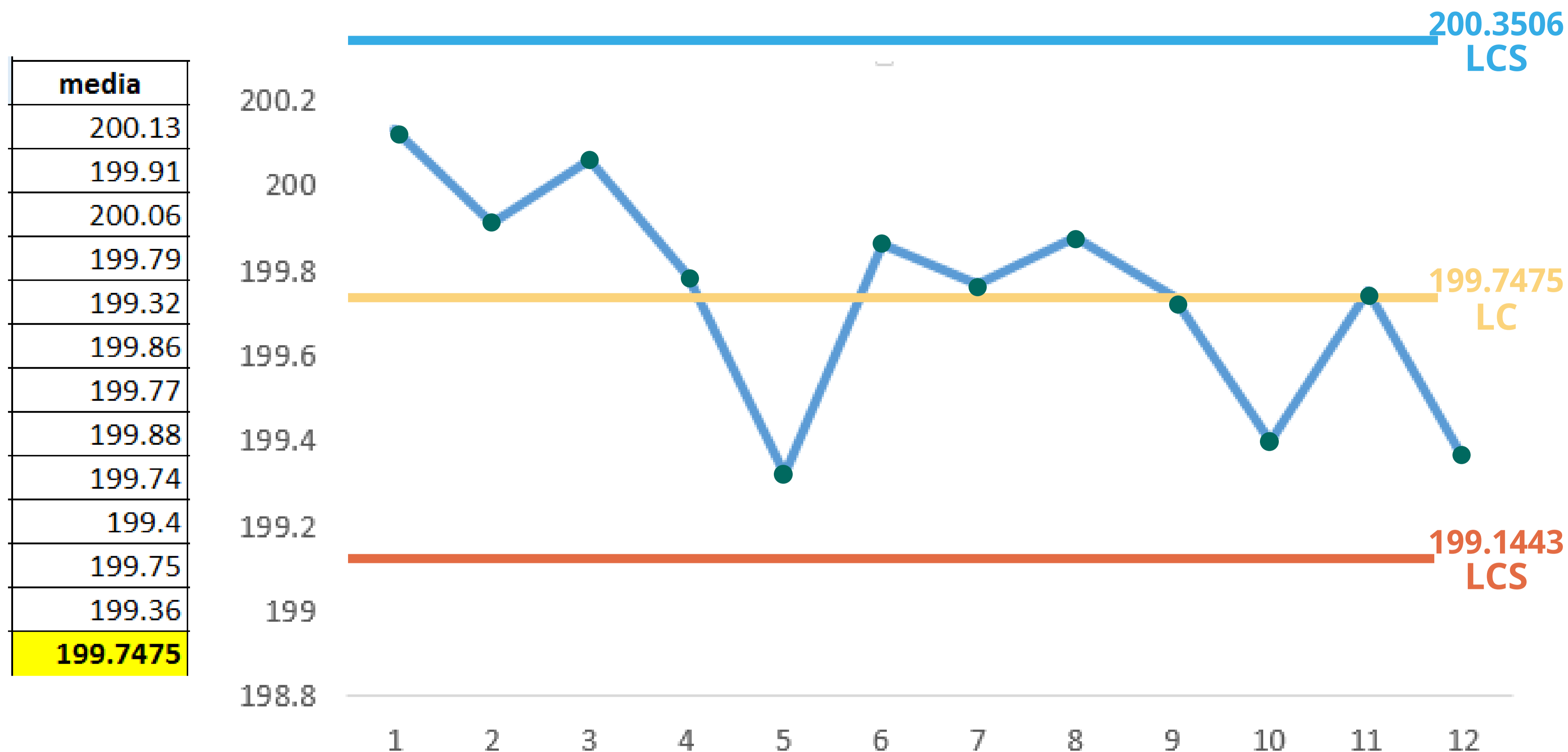


$$199.7475 - (0.308)(1.9583) = 199.1443$$

Importante:

El factor A_2 se obtiene de las tablas de Dodge-Romig.

Se grafican los límites (central, superior e inferior) y las medias muestrales (un punto por cada muestra o subgrupo):



Interpretación

En nuestra gráfica, podemos concluir que el centro del proceso está bajo control estadístico porque:

1. No existe un patrón que no sea aleatorio.
2. No hay ningún punto fuera de los límites superior e inferior.
3. No hay ocho puntos consecutivos por arriba o por debajo de la línea central.

El análisis del proceso a través del uso de gráficas de control suele hacerse con gráficas R y gráficas \bar{x} debido a que un proceso puede ser inestable debido a variación, cambios en las medias o ambos.

REFERENCIAS

- Triola, M. (2013). *Estadística*. (11ª ed.). México: Pearson Educación.