

# Los efectos de graficar un indicador bursátil en un gráfico de control tradicional $\bar{X}$ y S: perspectivas, análisis de la operatividad del indicador y causas asignables para tomar decisiones en el mercado

## The effects of graphed a stock indicator on a traditional control chart $\bar{X}$ and S: perspectives, analysis of the operability of the indicator and assignable causes to make decisions in the market

Javier Neira-Rueda <sup>1</sup>, Andrés Carrión-García <sup>2</sup>, Wilman Romero-Arenis <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad, Universitat Politècnica de València, España. Orcid: 0000-0003-1074-4372. Correo electrónico: janeirue@alumni.upv.es

<sup>2</sup> Centro de Gestión de la Calidad y del Cambio- CQ, Universitat Politècnica de València, España. Orcid: 0000-0002-0953-2500. Correo electrónico: acarrión@eio.upv.es

<sup>3</sup> Departamento de Ingeniería Industrial, UNIMINUTO, Colombia. Orcid: 0000-0003-1836-1173. Correo electrónico: wilman.romero@uniminuto.edu.co

Recibido: 11 noviembre, 2019. Aceptado: 15 junio, 2020. Versión final: 28 agosto, 2020.

### Resumen

El presente artículo estructura indicadores bursátiles de tal forma que puedan ser analizados por medio de un gráfico tradicional de control de procesos Shewhart. Un gráfico muy utilizado en la industria para controlar variables altamente correlacionadas con procesos. Estos gráficos tienen el fin de asignar causas a posibles cambios en el comportamiento normal de los datos. De igual forma, cualquier intento por obtener puntos de vista estadísticos que ayuden a tomar decisiones de inversión con bajo riesgo es bienvenido, ya que un error en la toma de decisiones en el mercado bursátil puede conllevar a una gran pérdida económica para los inversionistas. En el presente documento se muestran los resultados de lo analizado y se relacionan las recomendaciones para construir un gráfico de control Shewhart X y S con indicadores bursátiles, con el fin de definir sus prestaciones.

**Palabras clave:** gráficos de control; bolsa de valores; toma de decisiones; economía.

ISSN impreso: 1657 - 4583. ISSN en línea: 2145 – 8456, CC BY-ND 4.0 

Como citar: J. Neira-Rueda, A. Carrión-García, W. Romero-Arenis, “Los efectos de graficar un indicador bursátil en un gráfico de control tradicional  $\bar{X}$  y S: perspectivas, análisis de la operatividad del indicador y causas asignables para tomar decisiones en el mercado,” *Rev. UIS Ing.*, vol. 19, no. 4, pp. 223-238, 2020, doi: <https://doi.org/10.18273/revuin.v19n4-2020019>

## Abstract

This article structures stock market indicators for that they can be analyzed using a traditional Shewhart process control chart. A graph widely used in the industry to control variables highly correlated with processes. These graphs seek to assign causes to possible changes in the normal behavior of the data. On the other hand, any attempt to obtain statistical points of view that help to make low-risk investment decisions is welcome, since an error in decision-making in the stock market can lead to a great economic loss for investors. This document shows the results of the analysis and the recommendations to build a Shewhart X and S control chart with stock market indicators, in order to define its benefits.

**Keywords:** control charts; stock exchange; decision making; economy.

## 1. Introducción

La dinámica bursátil ampliamente estudiada por los economistas en el mundo [1, 2, 3, 4, 5], implica cálculos estadísticos, aplicación de modelos matemáticos e interpretación de resultados por medio de gráficos que permitan predecir el comportamiento de los principales indicadores económicos a nivel mundial [6, 7]. Estas predicciones buscan mitigar el riesgo económico de numerosos inversores y repotenciar las utilidades.

Por otra parte, una buena toma de decisiones en el mercado financiero puede llegar a marcar el punto de inflexión entre el éxito o el fracaso de una compañía. Por lo que las nuevas técnicas estadísticas para tomar decisiones nunca serán menospreciadas. Así entonces, un área particular de interés surge al evaluar si las técnicas estadísticas utilizadas por los economistas para investigar mercados y describir el comportamiento de indicadores económicos en diferentes periodos de tiempo, pueden llegar a ser complementados con los métodos estadísticos utilizados por parte de ingenieros industriales para analizar procesos; y así tener otra perspectiva de los efectos o causas asignables a la variabilidad de los índices bursátiles.

Una de las técnicas estadísticas más utilizadas en el mundo de la Ingeniería Industrial son los llamados gráficos de control de Shewhart. Ampliamente estudiados por autores como [8, 9, 10, 11, 12]. Estos gráficos están estructurados de tal forma, que permiten la monitorización de una variable de interés estableciendo unos límites de control conforme al nivel de confianza estadístico. Estos gráficos también permiten identificar causas asignables a la variabilidad de dichos indicadores. La Figura 1 muestra el comportamiento típico de una variable  $T \sim N(\mu, \sigma)$  y Ecuación (1) relaciona el modelo matemático general de un gráfico de control Shewhart

$$\begin{aligned} LCS &= \mu_w + L\sigma_w \\ \text{Linea Central} &= \mu_w \\ LCI &= \mu_w - L\sigma_w \end{aligned} \quad (1)$$

Donde  $w$  es una muestra estadística de determinado indicador,  $\mu_w$  es el promedio,  $\sigma_w$  es la desviación estándar muestral y  $L$  es la distancia de los límites de control a la línea central expresada en desviaciones estándar [13].

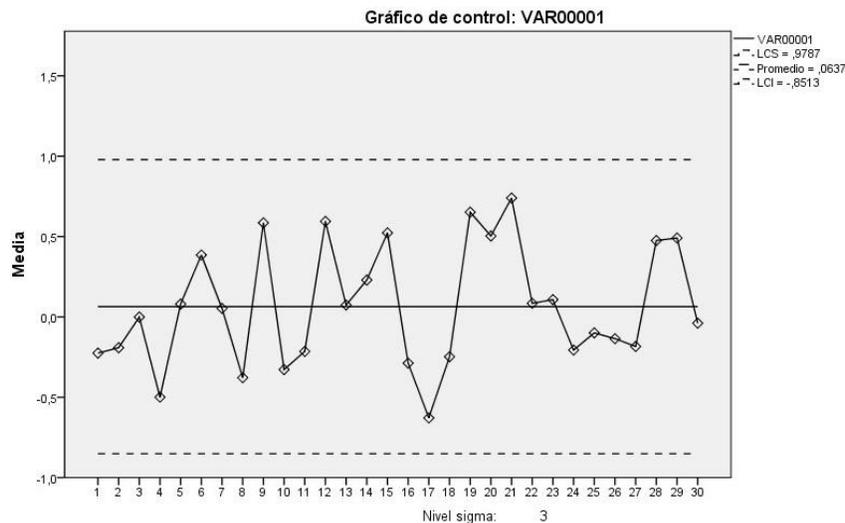


Figura 1. Ejemplo estructura Gráfico  $\bar{X}$  Shewhart

La pregunta que surge entonces es: ¿cómo estructurar un indicador económico en un gráfico de control de procesos tradicional? ¿qué perspectiva puede llegar a dar este gráfico sobre un indicador bursátil?

Para dar respuesta a la primer pregunta, es necesario entender que estos gráficos son lo suficientemente potentes para controlar variables, siempre y cuando dicha variable  $T$  se distribuya como una distribución normal  $N(\mu, \sigma)$  donde  $\mu$  es el promedio,  $\sigma$  es la desviación estándar y  $T$  es la variable aleatoria [13].

En el ámbito económico, la variabilidad de un indicador bursátil está marcada por la estacionalidad que se da durante determinado periodo del año. Esta variabilidad en algunos indicadores económicos hace que no se pueda considerar como una variable aleatoria normal, ver Tabla 1.

Tabla 1. Índice Bursátil Ecopetrol 2015

<b>N</b>	244
<b>Promedio</b>	3.257,17
<b>Mediana</b>	3.375,00
<b>Desviación estándar</b>	482,13
<b>Mínimo</b>	1.815,00
<b>Máximo</b>	4.030,00
<b>Asimetría estándar</b>	<b>-8,00</b>
<b>Curtosis estándar</b>	<b>4,07</b>

Uno de los indicadores más utilizados para definir si la variable puede estar distribuida como una Normal  $T \sim N(\mu, \sigma)$  es el Coeficiente de curtosis Estándar y la Asimetría Estándar. Si dicho valor no está enmarcado entre (-2 y 2), no se puede considerar que están distribuidos como una Distribución de Probabilidad Normal [14]. En este caso, para la Tabla 1, el valor de la asimetría y la curtosis estandarizada no se encuentra dentro del rango esperado. Aun así, el comportamiento de dicha variable se comienza a parecer a una distribución Normal cuando se segmenta en diferentes periodos del año (técnica muy utilizada por los economistas).

Tabla 2. Índice Bursátil Ecopetrol primer Trimestre 2015

<b>N</b>	64
<b>Promedio</b>	1.996,33
<b>Mediana</b>	1.965,00
<b>Desviación estándar</b>	125,21
<b>Mínimo</b>	1.800,00
<b>Máximo</b>	2.305,00
<b>Asimetría estándar</b>	<b>1,88</b>
<b>Curtosis estándar</b>	<b>-1,11</b>

La información de la Tabla 2, demuestra como los coeficientes de Asimetría Estándar y Curtosis Estándar se encuentran dentro de los rangos que permiten modelar dicha variable como una distribución Normal; lo que genera menos incertidumbre y observaciones anómalas que en periodos largos. De esta forma, se pueden investigar las causas a la posible variabilidad de un indicador.

Una vez normalizada la serie, se requiere innovar en el planteamiento del gráfico de control  $\bar{X}$  y  $S$  Shewhart, los cuales fueron desarrollados inicialmente para procesos industriales, campo que constituye todavía su aplicación más frecuente, pero pueden aplicarse para cualquier proceso administrativo, comercial o científico en donde se quiera controlar una variable de interés [15].

Por último, y como principal objetivo de la investigación, se verá como al analizar el comportamiento de un indicador bursátil por medio del gráfico de control para la media y la desviación estándar, permitirá a los inversionistas tener lo que en física se conoce como un mapa espectral, que da otro punto de vista a la acción analizada y aumenta la confiabilidad en la decisión de cuándo vender y cuando debe comprar, sin importar el valor al que este la acción; pues lo que interesa es un margen de utilidad en la transacción a un nivel de incertidumbre bajo.

## 2. Metodología

### 2.1. Definición de las variables de estudio

Para la investigación, se buscó definir la variable referencia; conocida como la variable dependiente. Para este documento se escoge el índice bursátil de la Bolsa de Valores de Colombia, COLCAP; este indicador refleja las variaciones de los precios de las principales acciones más líquidas, donde el valor de capitalización bursátil ajustada de cada compañía determina su participación dentro de dicho índice. El valor del COLCAP será igual a la sumatoria del precio de cada acción que conforma la canasta del índice por el peso que tiene dentro de la misma ajustado por un factor de enlace [16], como se observa en la Ecuación (2).

$$I(t) = E \sum_{i=1}^n W_i P_i(t) \quad (2)$$

Donde,

- $I(t)$  = Valor del índice en el instante  $t$ .
- $E$  = Factor de enlace mediante el cual se da continuidad al índice cuando se presente un rebalaceo o recomposición de la canasta o en

caso de darse eventos corporativos que lleven a variaciones en el índice.

- $t$  = Instante en el cual se calcula el valor del índice.
- $i = 1, 2, \dots, n$  acciones que componen el índice.
- $n$  = Número de acciones en el índice en el instante  $t$ .
- $W_i$  = Ponderador de la acción  $i$  en el instante  $t$ .
- $P_i$  = Precio de la acción  $i$  en el instante  $t$ .

Una vez definida esta variable, se escogen las compañías he indicadores que se cree tienen mayor impacto sobre la variable dependiente.

Las variables e índices sujetos a la investigación fueron los siguientes:

Indicadores nacionales (BVC): Grupo Bancolombia, Grupo Sura, Ecopetrol, Cementos Argos, Pfcementos argos, Grupo Nutresa, Grupo Aval, PGrupo Aval, Interconexión eléctrica S.A.-ISA, Empresa de energía de Bogotá- EEB, Almacenes Éxito, PF Davivienda y Fabricato.

Indicadores Internacionales: Bolsa de Sao Pablo, Mexico, Dow Jones Industrial, NASDAQ Composite Tokio (Nikkei 225), Londres (Ftse 100), Frankfurt (Dax), París (CAC 40), Hong Kong (Hang Seng)

Monedas y Otros: Dólar, Euro, WTF

## 2.2. Recopilación de la información

Una vez definidas las variables del estudio, se procede a extraer la información de las siguientes fuentes bursátiles:

- Grupo financiero colombiano Aval [17].
- Bolsa de Valores de Colombia [16].
- Grupo Bancolombia [18].

Esta información se consolida en una matriz de  $m \times n$  ( $m$ , es el número de indicadores y  $n$  los días incluidos en el estudio). La matriz se depura de tal forma que días festivos para cada indicador no sean contemplados en el estudio; coincidiendo así todas las fechas y valores.

Como es costumbre en investigaciones económicas se procede a segmentar el histórico anual en trimestres.

Verificamos los estadísticos correspondientes; parámetros de dispersión (desviaciones estándar) de posición (promedios), coeficientes de Asimetría y

Curtosis Estandarizada para verificar el comportamiento normal o anormal de los datos.

Una vez consolidada esta información se procedió a calcular la matriz de correlaciones entre variables estudiadas, con el fin de no ingresar al estudio una variable irrelevante. Una vez extraídos los indicadores más importantes se procede a calcular para cada indicador los gráficos de control  $\bar{X}$  y  $S$  Shewhart [13] y se contrastan los posibles comportamientos anómalos que puedan llegar a tener entre trimestres.

## 2.3. Cálculo y desarrollo del gráfico de control bursátil

Para estructurar un gráfico de control Shewhart hay que buscar la forma de trazar los promedios de las mediciones en cada año del indicador bursátil, estas se cruzan frente al tiempo o número de muestra (Ver Figura 2). La línea central representa dónde debe caer este indicador si no hay fuentes inusuales de variabilidad presentes. Los límites de control se determinan a partir de algunas consideraciones estadísticas simples (Ver Ecuación (3) y Ecuación (4)). Por otra parte, con esta técnica de estimación se busca establecer si dicho indicador bursátil está operando en presencia de causas asignables [19].

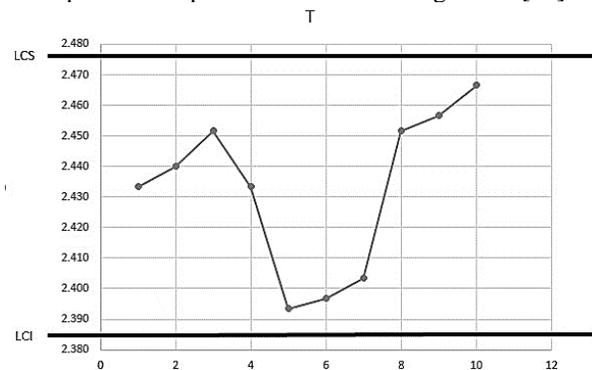


Figura 2. Forma típica del gráfico de control Shewhart.

La Tabla 3, es un ejemplo que muestra el comportamiento de un indicador  $T$  en el primer trimestre de los años correspondientes con 10 observaciones. Este es el primer paso para conformar el gráfico de control y evaluar los resultados. Se utiliza la fórmula estándar para estimar los parámetros del gráfico de control, expresados como:

$$\begin{aligned} LCS &= \bar{X} + A_3\bar{S} \\ \text{Linea Central} &= \bar{X} \\ LCI &= \bar{X} - A_3\bar{S} \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} LCS &= B_4\bar{S} \\ \text{Linea Central} &= \bar{X} \\ LCI &= B_3\bar{S} \end{aligned} \quad (4)$$

A3, B3 y B4 son factores que se encuentran en la Tabla 15 del Apéndice [13].

Tabla 3. Mediciones variables bursátil para el primer trimestre

	2014	2015	2016
1	4.000	2.000	1.300
2	4.030	2.000	1.290
3	4.025	2.065	1.265
4	3.970	2.065	1.265
5	3.945	2.015	1.220
6	3.875	2.035	1.280
7	3.900	2.020	1.290
8	3.945	2.030	1.380
9	3.925	2.045	1.400
10	3.950	2.070	1.380

Cuando existen fuentes inusuales de variabilidad, o comportamientos anómalos, los promedios de la muestra quedan fuera de los límites de control. Esta es una señal de que se debe investigar las fuentes inusuales de variabilidad.

## 2.4. Analizar

En esta fase de la investigación se describen los comportamientos y propiedades de los gráficos de control seccionados en 4 periodos de tiempo. Se ajustan los límites de control para identificar anomalías y evaluar puntos de vista.

Por último, se evalúan fuentes inusuales de variabilidad presentes en el gráfico y se contrastan opiniones de expertos.

## 3. Resultados y discusión

### 3.1. Correlaciones entre indicadores

Uno de los puntos focales para iniciar el estudio fue hacer la matriz de correlaciones entre las variables que más impactan el mercado bursátil. Si bien todas están correlacionadas con nuestra variable referencia COLCAP; se establece un índice de correlación superior al 0,75 y menor al 0,75 para evaluar las que más impactan y cuáles fueron las de mayor ocurrencia entre los diferentes trimestres del año.

Las variables recurrentes en las correlaciones frente a COLCAP durante el primer trimestre (2014 al 2016) fueron:

Bancolombia, Cementos Argos, Ecopetrol, Grupo Aval, Grupo Sura (P), Nutresa, Cementos Argos. Durante el segundo trimestre (2014 al 2016) la variable recurrente en las correlaciones frente a COLCAP fue la de Almacenes Éxito. Para el tercer trimestre (2014 al 2016) las variables recurrentes en las correlaciones frente a COLCAP fueron Bancolombia y Grupo Aval. Y, por último, las variables recurrentes en las correlaciones frente a COLCAP en el cuarto trimestre (2014 - 2016) fueron Cementos Argos y Grupo Aval.

De lo anterior se deduce que la acción que más ejerce correlación (Positiva) durante todos los años incluidos en el estudio es Grupo Aval. Esta deducción cobra principal importancia en los gráficos de control, En algunos casos no es conveniente monitorizar variables estrechamente correlacionadas; puesto que se incurre en un esfuerzo redundante. En la actualidad existen técnicas multivariantes como [20, 21], que no son el objetivo de esta investigación; pero que se pueden contemplar a futuro.

Desde el punto de vista en ingeniería, una variable explicativa altamente correlacionada con una variable respuesta no es otra cosa que la causa más significativa de variabilidad; en este caso Grupo Aval es la causa más significativa de variabilidad para el indicador COLCAP.

Cabe esperar entonces que la variable bursátil del Grupo Aval tenga un comportamiento muy similar al comportamiento de la Variable bursátil COLCAP en sus correspondientes gráficos de control.

### 3.2. Gráficos de control

En el presente apartado, muestra los resultados de los diferentes gráficos de control, cada una de las figuras contenidas en el apartado contiene un gráfico de control para el indicador Grupo Aval y un gráfico de control para el indicador COLCAP. El eje de las ordenadas representa el promedio o la desviación estándar calculado en cada uno de los días, que a su vez están representados en el eje de las abscisas.

#### 3.2.1. Primer trimestre

Como se observa en los gráficos de control de la Figura 3, los límites de control superior e inferior están significativamente distantes de la línea central; esto hace al gráfico de control incapaz de detectar grandes cambios en la operatividad del índice.

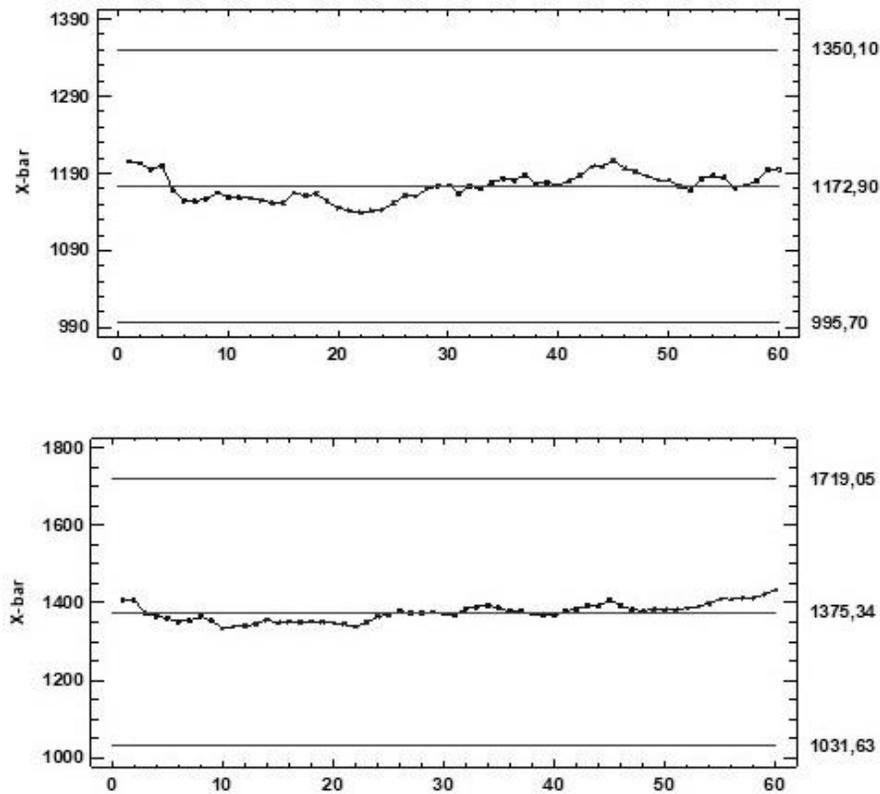


Figura 3. Gráfico de Control X primer trimestre 2014 al 2016 Grupo Aval vs COLCAP.

En este caso para el grupo Aval, que con unos límites calculados en 3 desviaciones estándar ( $L = 3$ ), se obtiene:

Un límite de control superior  $LCS_{Aval} = 1.350,1$   
 Línea central  $\bar{X} = 1.172,9$   
 Límite de control inferior  $LCI_{Aval} = 995,7$

La distancia entre límites se da por las grandes diferencias entre años. Aun así, las tendencias entre el gráfico de control para COLCAP como para Grupo Aval tienen el mismo comportamiento estadístico; esto se confirma en el numeral 5.1.

La Figura 4, muestra los gráficos de control de las desviaciones estándar para Aval y COLCAP.

En cuanto a los límites de control, debido a sus grandes variaciones entre años, estos límites tienden a estar muy distantes de la línea central. En cuanto a las tendencias, Grupo Aval presenta bajas en la variación de sus índices entre los 40 y 60 días del primer trimestre; esto significa que las distancias entre las observaciones entre los días mencionados son menores. Esto se discute en el apartado 6.

En este caso para el grupo Aval, con límites calculados en 3 desviaciones estándar ( $3S$ ), se obtiene:

Un límite de control superior  $LCS_{Aval} = 232,84$   
 Línea central  $S = 60,67$ ;  
 Límite de control inferior  $LCI_{Aval} = 0$

### 3.2.2. Segundo trimestre

Para la Figura 5, los límites de control no están establecidos en 3 desviaciones estándar;  $L = 3$ . Ajustar los límites de control, no solamente permite una mejor apreciación de la tendencia en el gráfico de control; sino que lo hace más potente para detectar cambios en la operatividad del índice. Las diferencias entre el gráfico  $X_{Aval}$  y  $X_{COLCAP}$  son lógicas puesto que la correlación de los dos índices en este periodo no es significativa. Para los dos gráficos de control se establecieron los límites en  $L = 1$ .

En este caso para el grupo Aval, con límites calculados en  $L = 1$ , se obtiene:

Límite de control superior  $LCS_{Aval} = 1.284,3$   
 Línea central  $\bar{X} = 1.235,63$   
 Límite de control inferior  $LCI_{Aval} = 1186,98$ .

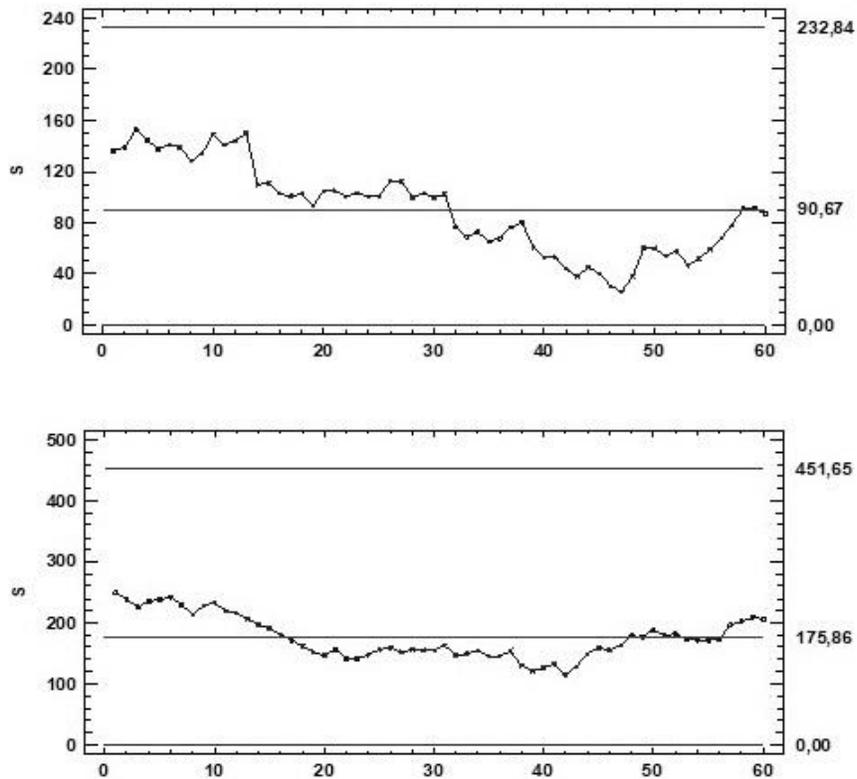


Figura 4. Gráfico de Control S primer trimestre 2014 al 2016 Grupo Aval vs COLCAP.

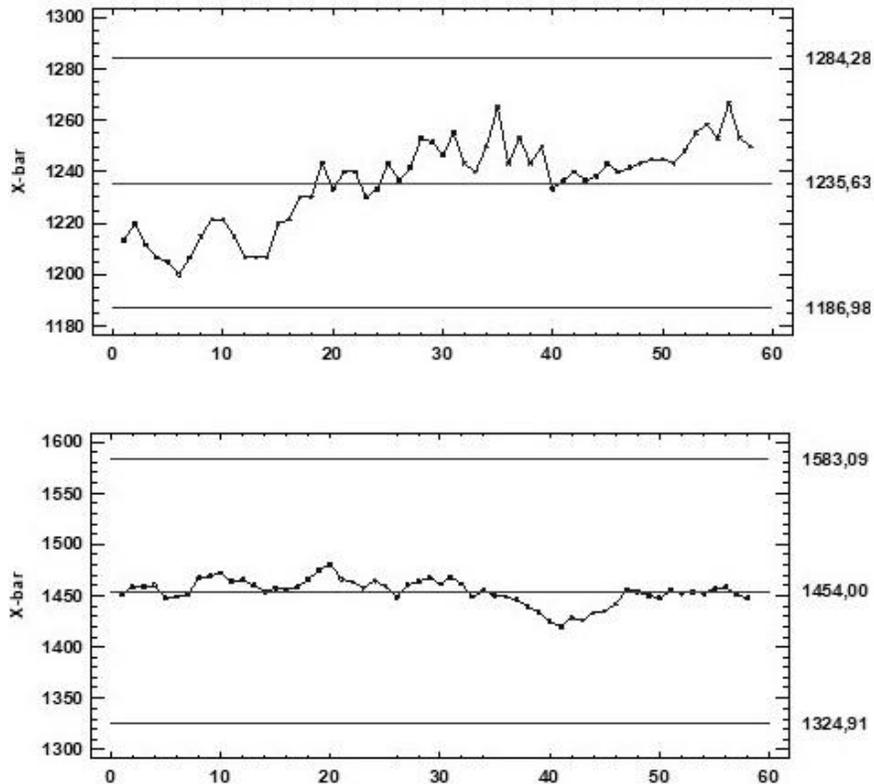


Figura 5. Gráfico de Control X segundo trimestre 2014 al 2016 Grupo Aval vs COLCAP.

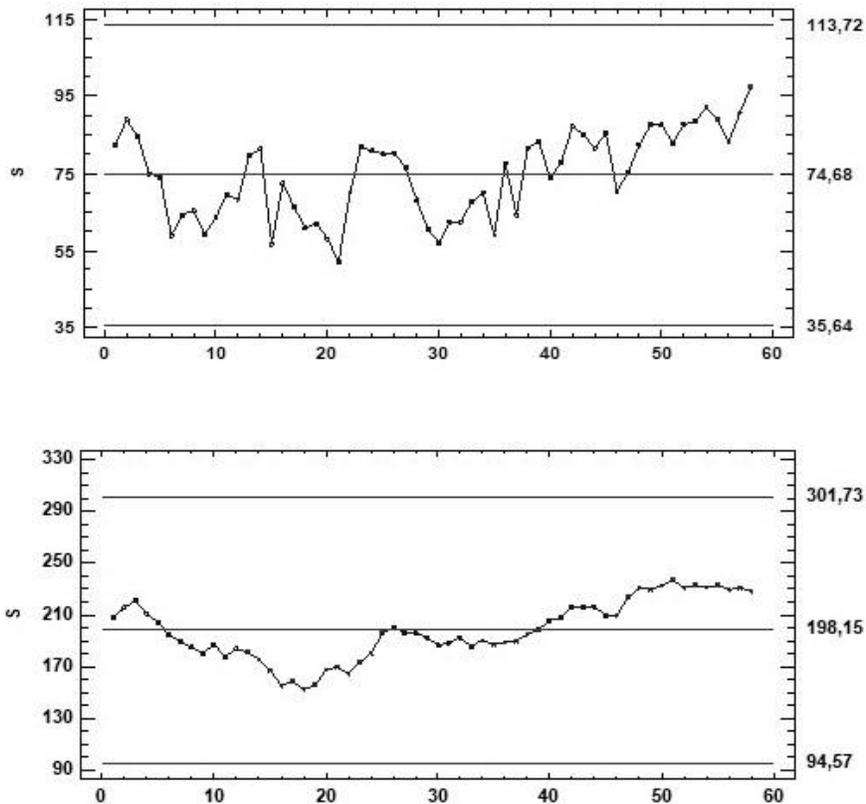


Figura 6. Gráfico de Control S segundo trimestre 2014 al 2016 Grupo Aval vs COLCAP.

Como se observa en la Figura 6., las fluctuaciones en las variaciones son diferentes. Esto, como se comentó anteriormente, es lógico, puesto que las fluctuaciones en los promedios son más pronunciadas en el gráfico X del grupo Aval y en el correspondiente periodo muestra poca correlación con el indicador COLCAP. Adicionalmente, cuando alguna acción no tiene liquidez esta es sustentada por otra acción más líquida [16].

En este caso para el grupo Aval, con límites calculados en  $L = 1$ , se obtiene:

Límite de control superior  $LCS_{Aval} = 113,72$   
 Línea central  $S = 74,68$   
 Límite de control inferior  $LCI_{Aval} = 35,64$

### 3.2.3. Tercer trimestre

La correlación entre el grupo Aval y el COLCAP para el tercer trimestre es evidentemente más marcada como se ve en la Figura 7 y Figura 8; tanto para el gráfico de promedios como para el gráfico de desviaciones estándar. Para este cuatrimestre los dos indicadores se ven impactados significativamente por el mismo factor alrededor de los 40 días.

Adicionalmente, en la sección 5.3, se verá como estos dos indicadores tienen estadísticas similares en cuanto a su distribución.

En este caso para el grupo Aval, con límites calculados en  $L = 0.5$ , se obtiene:

Para el gráfico de promedio:  
 Límite de control superior  $LCS_{Aval} = 1.299,6$   
 Línea central  $\bar{X} = 1.262,25$   
 Límite de control inferior  $LCI_{Aval} = 1.224,9$

Para el gráfico de la desviación estándar:  
 Límite de control superior  $LCS_{Aval} = 144,63$   
 Línea central  $S = 114,66$   
 Límite de control inferior  $LCI_{Aval} = 84,69$

Valores u observaciones fuera de los límites de control son de especial interés. Puesto que el objetivo de los límites de control es generar una alarma para evaluar que posible anomalía ha generado el cambio de tendencia en los datos.

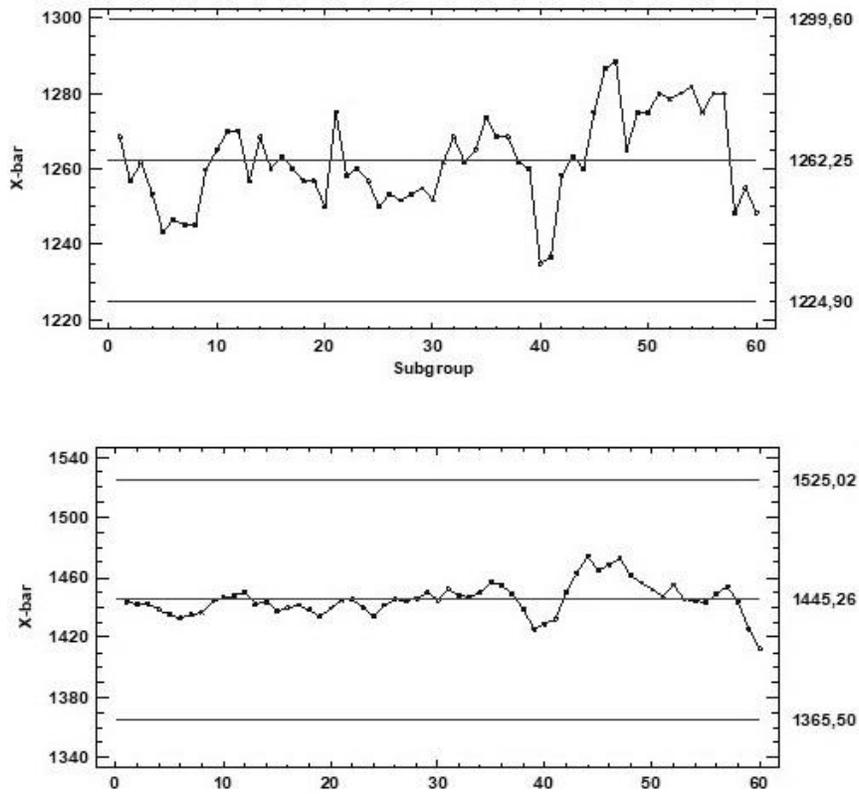


Figura 7. Gráfico de Control X tercer trimestre 2014 al 2016 Grupo Aval vs COLCAP.

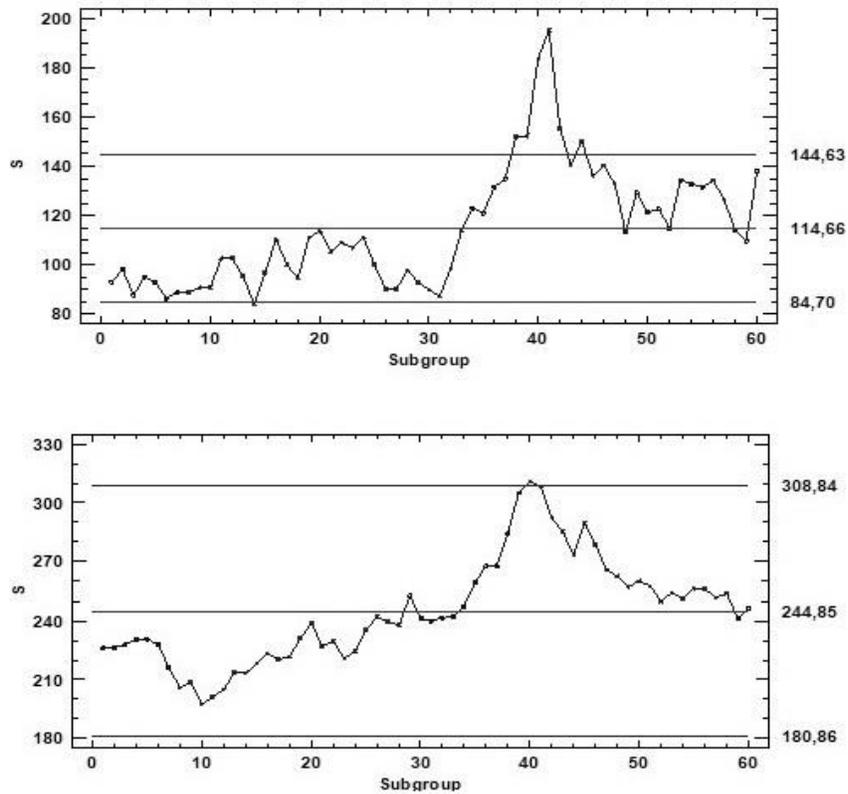


Figura 8. Gráfico de Control S tercer trimestre 2014 al 2016 Grupo Aval vs COLCAP.

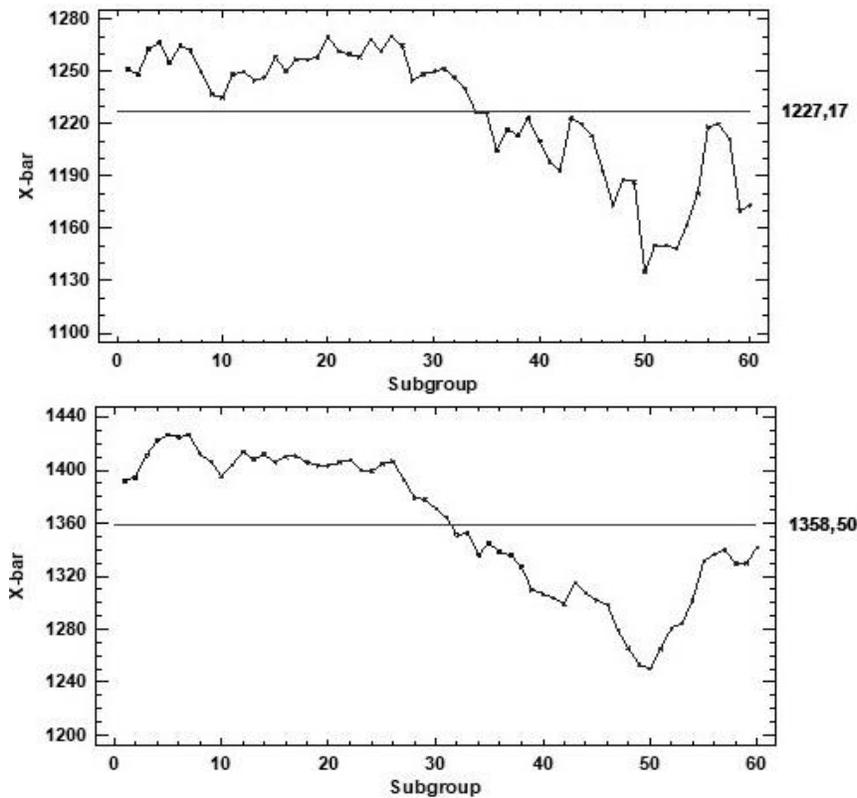


Figura 9. Gráfico de Control X cuarto trimestre 2014 al 2016 Grupo Aval vs COLCAP.

### 3.2.4. Cuarto trimestre

La correlación entre el grupo Aval y el COLCAP para el cuarto trimestre es más marcada en periodos específicos. Como se puede ver en la Figura 9, alrededor del día 50 de este periodo los promedios tienen a la baja, estos eventos también son recurrentes en la Figura 10, donde se ve como alrededor de los 50 días de este trimestre las variaciones del precio tienden a bajar. Para este cuatrimestre los dos indicadores se ven impactados significativamente por el mismo factor alrededor de los 50 días.

En este caso, para corroborar lo expresado anteriormente respecto a las distancias de los límites de control; no se han calculado límites. Lo que implica una mejor apreciación de las tendencias de los valores.

Línea central  $\bar{X}_{\text{AVAL}} = 1.227,17$   
Línea central  $S_{\text{AVAL}} = 111,80$

Línea central  $\bar{X}_{\text{COLCAP}} = 1.358,50$   
Línea central  $S_{\text{COLCAP}} = 199,86$

Adicionalmente, en la sección 5.4, se verá como estos dos indicadores tienen estadísticas similares en cuanto a su

distribución. Respecto a la gráfica, está ajustada de tal forma que el eje de las observaciones  $x\text{-bar}$  este ligeramente desfasado entre la mayor y menor de las observaciones, permitiendo una mejor apreciación y estudio de la tendencia de los indicadores.

### 3.3. Normalidad estadística

Como se comentó en el numeral 1, uno de los indicadores más utilizados para definir si la variable puede estar distribuida como una Normal;  $T \sim N(\mu, \sigma)$  es el coeficiente de curtosis estándar y la asimetría estándar. Si dicho valor no está en marcado entre (-2 y 2), no se puede considerar que los datos están distribuidos como una Distribución de Probabilidad Normal. Estos indicadores de normalidad cobran importancia en la construcción de gráficos de control; puesto que uno de los objetivos principales de un gráfico de control es controlar la normalidad de una variable aleatoria y predecir un cambio de tendencia fuera de lo normal.

Cuando se segmenta un indicador bursátil, o incluso se escogen periodos de relativa normalidad, donde la volatilidad del índice es relativamente uniforme, dicha variable se comienza a parecer a una distribución Normal.

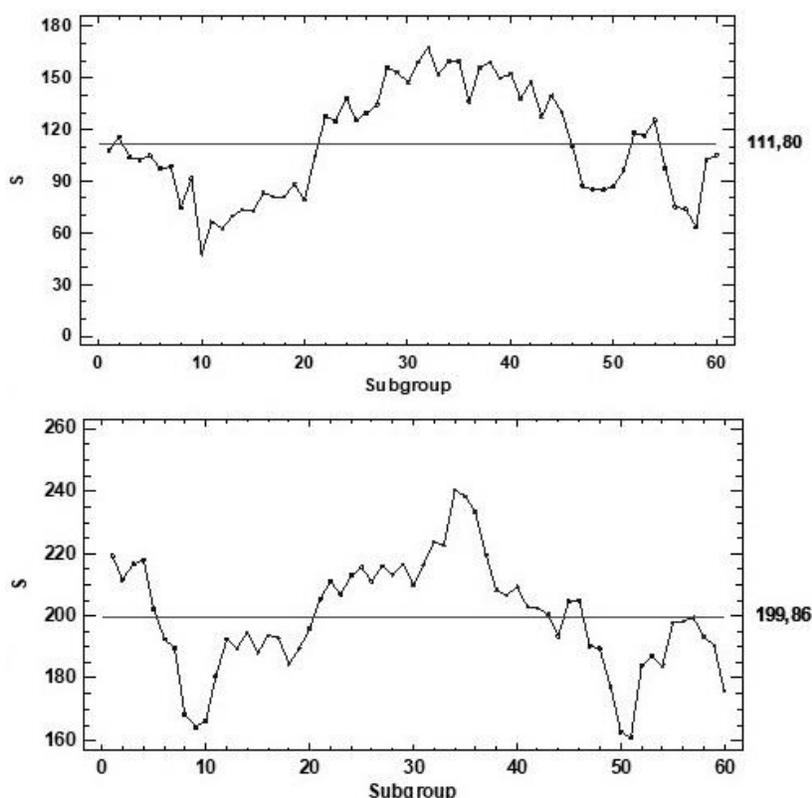


Figura 10. Gráfico de Control S cuarto trimestre 2014 al 2016 Grupo Aval vs COLCAP.

### 3.3.1. Primer trimestre

Tabla 7. Grupo Aval primer trimestre

	2014	2015	2016
<b>N</b>	60	60	60
<b>Promedio</b>	1.217,92	1.220,25	1.080,53
<b>Mediana</b>	1.222,50	1.227,50	1.065,00
<b>Desviación estándar</b>	41,18	47,47	56,34
<b>Mínimo</b>	1.130,00	1.130,00	985,00
<b>Máximo</b>	1.300,00	1.305,00	1.170,00
<b>Asimetría estándar</b>	-1,65	-1,20	0,14
<b>Curtosis estándar</b>	-0,26	-0,77	-2,03

Tabla 8. COLCAP primer trimestre

	2014	2015	2016
<b>N</b>	60	60	60
<b>Promedio</b>	1.541,66	1.371,00	1.213,36
<b>Mediana</b>	1.537,03	1.384,26	1.209,45
<b>Desviación estándar</b>	54,40	59,38	75,06
<b>Mínimo</b>	1.448,56	1.249,83	1.078,69
<b>Máximo</b>	1.673,72	1.483,89	1.336,27
<b>Asimetría estándar</b>	0,93	-1,47	-0,39
<b>Curtosis estándar</b>	-0,51	-1,21	-1,93

Para la Tabla 7 y Tabla 8, los estadísticos de asimetría y curtosis estandarizados no tienen diferencias significativas. De hecho, se puede observar que solo la curtosis estándar para el año 2016 está fuera del comportamiento normalmente distribuido.

### 3.3.2. Segundo trimestre

Como se comentó en la Figura 5, las variaciones de este segundo trimestre son diferentes. Esto se termina de confirmar viendo los indicadores de asimetría y curtosis estándar, donde la distribución de los datos tiene diferencias en las tendencias.

Tabla 9. Grupo Aval segundo trimestre

	2014	2015	2016
<b>N</b>	58	58	58
<b>Promedio</b>	1.311,03	1.171,47	1.224,40
<b>Mediana</b>	1.305,00	1.170,00	1.232,50
<b>Desviación estándar</b>	20,41	20,11	38,83
<b>Mínimo</b>	1.265,00	1.140,00	1.135,00
<b>Máximo</b>	1.360,00	1.210,00	1.285,00
<b>Asimetría estándar</b>	1,77	0,78	-0,86
<b>Curtosis estándar</b>	0,00	-1,66	-1,14

Tabla 10. COLCAP segundo trimestre

	2014	2015	2016
<b>N</b>	58	58	58
<b>Promedio</b>	1.681,80	1.349,32	1.330,88
<b>Mediana</b>	1.676,82	1.349,20	1.326,41
<b>Desviación Estándar</b>	24,48	30,07	23,67
<b>Mínimo</b>	1.634,54	1.301,17	1.291,14
<b>Máximo</b>	1.728,28	1.418,06	1.376,61
<b>Asimetría Estándar</b>	<b>1,08</b>	<b>1,39</b>	<b>1,02</b>
<b>Curtosis Estándar</b>	<b>-1,23</b>	<b>-0,64</b>	<b>-1,45</b>

### 3.3.3. Tercer trimestre

En la Tabla 11 y Tabla 12, se aprecia como los estadísticos de asimetría y curtosis estandarizados no tienen diferencias significativas para los indicadores analizados. Los dos indicadores están enmarcados dentro de cierta normalidad; salvo el año 2015.

Tabla 11. Grupo Aval tercer trimestre

	2014	2015	2016
<b>N</b>	60	60	60
<b>Promedio</b>	1.385,83	1.198,08	1.202,83
<b>Mediana</b>	1.380,00	1.202,50	1.197,50
<b>Desviación estándar</b>	30,52	53,08	35,95
<b>Mínimo</b>	1.335,00	1.035,00	1.150,00
<b>Máximo</b>	1.435,00	1.280,00	1.280,00
<b>Asimetría estándar</b>	<b>0,38</b>	<b>-2,26</b>	<b>1,41</b>
<b>Curtosis estándar</b>	<b>-2,16</b>	<b>0,75</b>	<b>-1,61</b>

Tabla 12. COLCAP tercer trimestre

	2014	2015	2016
<b>N</b>	60	60	60
<b>Promedio</b>	1.722,25	1.269,44	1.344,08
<b>Mediana</b>	1.721,44	1.276,76	1.340,44
<b>Desviación estándar</b>	28,97	45,15	31,29
<b>Mínimo</b>	1.673,99	1.149,53	1.297,64
<b>Máximo</b>	1.780,25	1.326,44	1.417,57
<b>Asimetría estándar</b>	<b>0,82</b>	<b>-2,86</b>	<b>1,68</b>
<b>Curtosis estándar</b>	<b>-1,50</b>	<b>0,62</b>	<b>-0,87</b>

### 3.3.4. Cuarto trimestre

Para el cuarto y último trimestre analizado, la distribución de los datos para el COLCAP es más sesgada que el indicador Aval (año 2014). Aun así, las tendencias estadísticas de los coeficientes de asimetría y curtosis entre los dos indicadores para cada uno de los respectivos años son igual. Esto lleva a pensar que no solo están correlacionados matemáticamente, sino que hay factores

externos que también impactan la variabilidad de los dos por igual.

Tabla 13. Grupo Aval cuarto trimestre

	2014	2015	2016
<b>N</b>	60	60	60
<b>Promedio</b>	1.347,50	1.136,75	1.197,25
<b>Mediana</b>	1.357,50	1.152,50	1.200,00
<b>Desviación Estándar</b>	59,61	53,87	30,87
<b>Mínimo</b>	1.180,00	1.015,00	1.145,00
<b>Máximo</b>	1.440,00	1.210,00	1.245,00
<b>Sesgo Estándar</b>	<b>-2,02</b>	<b>-1,93</b>	<b>-0,62</b>
<b>Curtosis Estándar</b>	<b>-0,16</b>	<b>-1,04</b>	<b>-2,10</b>

Tabla 14. COLCAP cuarto trimestre

	2014	2015	2016
<b>N</b>	60	60	60
<b>Promedio</b>	1.565,52	1.175,79	1.334,18
<b>Mediana</b>	1.595,82	1.193,55	1.340,69
<b>Desviación estándar</b>	78,67	70,68	24,49
<b>Mínimo</b>	1.348,38	1.051,25	1.271,11
<b>Máximo</b>	1.669,03	1.280,55	1.370,75
<b>Asimetría estándar</b>	<b>-3,29</b>	<b>-0,52</b>	<b>-1,81</b>
<b>Curtosis estándar</b>	<b>0,45</b>	<b>-2,21</b>	<b>-1,07</b>

## 4. Consideraciones finales y conclusiones

Es evidente que los dos indicadores estudiados, siempre van a tener cierta correlación si se tiene en cuenta que Aval tiene una participación importante en el Índice COLCAP. Para este estudio, interesa mostrar cómo se pueden analizar dos indicadores correlacionados en un gráfico de control de procesos tradicional.

Los gráficos de control permiten establecer un mapa u hoja de ruta del indicador. Este permite contrastar el comportamiento y tendencias del indicador durante un periodo determinado, pudiendo ser comparables con los próximos tres años 2017, 2018, 2019 (Para no tener que esperar tres años a contrastar esta teoría, se escogieron los años 2014, 2015 y 2016 para el presente artículo). Así mismo es posible proyectar a futuro el indicador, convirtiéndolo en una excelente forma de evaluar la acción en el largo plazo.

Otra forma de calcular diferencias entre años es evaluar las distribuciones de los datos con identificadores de distribuciones de probabilidad. Esto permite sacar conclusiones de cuanto ha cambiado la operatividad del indicador o variable.

Como se vio en el numeral 2.1, COLCAP se ve muy influenciado por la acción Aval, por la misma matemática que utiliza para calcularse. Cuando una acción tiene poca liquidez, COLCAP se apalanca de otras acciones haciendo que entre Aval y COLCAP haya diferencias en el comportamiento estadístico de sus

datos. Sin embargo, sus tendencias siempre están correlacionadas, ya que, en una economía globalizada todos los indicadores obedecen a comportamientos de factores (actores) con mucho peso y que han diversificado mucho sus inversiones.

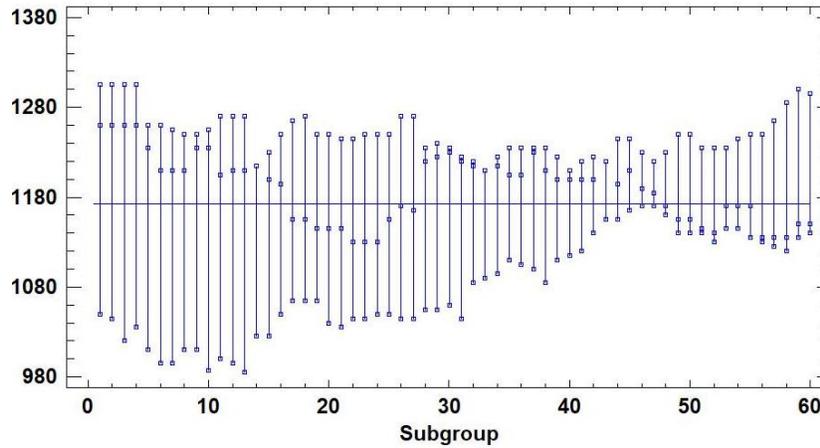


Figura 11. Gráfico de tolerancias Aval 1 trimestre.

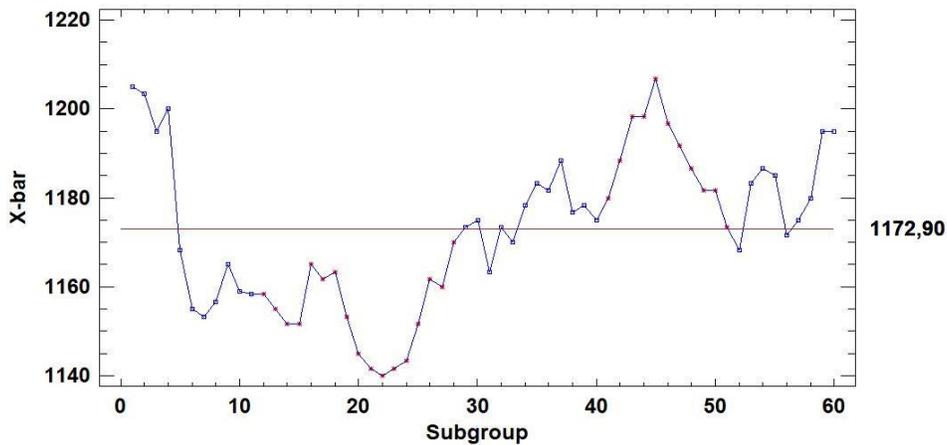


Figura 12. Gráfico de promedios Aval primer trimestre, sin límites de control.

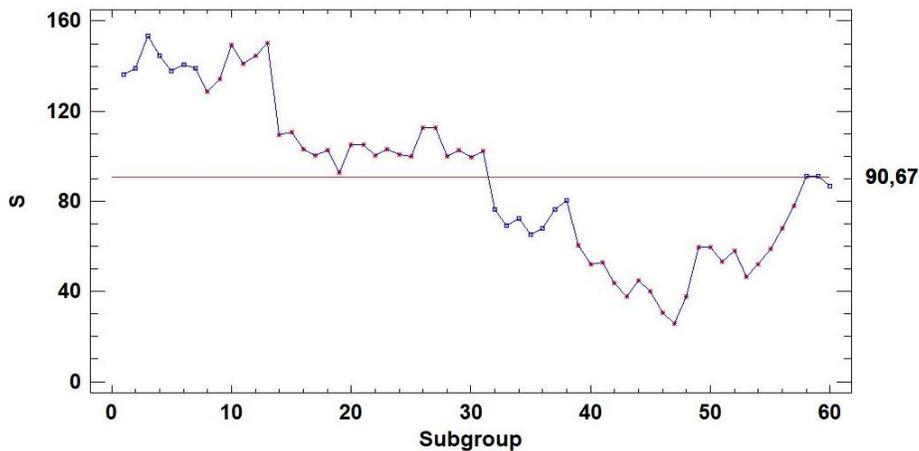


Figura 13. Gráfico de desviaciones estándar Aval primer trimestre, sin límites de control.

Evaluar un índice económico desde la perspectiva de un gráfico de control de procesos, permite a los inversionistas conocer plenamente las fluctuaciones del indicador. Siendo una buena alternativa para invertir disminuyendo el riesgo. En este caso, un gráfico de control como el propuesto en el presente artículo, genera un mapa espectral del indicador, debiendo contrastarse cada nuevo año sus parámetros en el gráfico de tolerancias, promedios y desviaciones; dicha comparación puede realizarse mediante una sencilla prueba de hipótesis de comparación de poblaciones, ya sea entre los rangos, promedios o desviaciones estándar del trimestre escogido.

El gráfico S (de las desviaciones estándar) es muy útil para evaluar cambios en las variaciones y diferencias entre años, mientras que el gráfico X (de los promedios de las observaciones) es útil para evaluar la forma de operar en el mercado de dicho indicador. Los picos indican distancias entre las observaciones.

Los límites de control deben colocarse donde se encuentra el 99 % de la información, sin importar las desviaciones estándar. Calcular los límites como un gráfico tradicional hace que este sea poco potente para predecir cambios de comportamiento en el indicador. La variación entre años hace que los límites queden demasiado distantes de la línea central. (ver Figura 3 y Figura 4).

La Figura 11, muestra la tolerancia entre observaciones. En él se observa la diferencia en la tendencia entre años y permite visualizar cual es el día y el año que apalanca el promedio y la desviación estándar. Observar que, para este caso, alrededor del día 45 la tolerancia es menor; esto hace que en el gráfico haya un pico superior al resto de observaciones (ver Figura 12). Del mismo modo, cuando la tolerancia entre observaciones es menor, habrá picos inferiores al resto de las observaciones en el gráfico de desviaciones estándar (ver Figura 13).

## Apéndice

Tabla 1. Factores para los límites de control

n	Factores para los límites de control		
	Gráfico para promedios	Gráfico para la desviación estándar	
	A3	B3	B4
2	2,659	0	3,267
3	1,954	0	2,568
4	1,628	0	2,266
5	1,427	0	2,089

## Referencias

- [1] A. Dyhrberg, "Hedging capabilities of bitcoin. Is it the virtual gold?", *Finance Research Letters*, vol. 16, pp. 139-144, 2016, doi: 10.1016/j.frl.2015.10.025
- [2] V. Marano, P. Tashman, T. Kostova, "Escaping the iron cage: Liabilities of origin and CSR reporting of emerging market multinational enterprises", *Journal of International Business Studies*, vol. 48, no. 3, pp. 286-408, 2017, doi: 10.1057/jibs.2016.17
- [3] S. H. Cheng, W.S. Jian, "Fuzzy time series forecasting based on fuzzy logical relationships and similarity measures", *Information Sciences*, vol. 327, pp. 272-287, 2016, doi: 10.1016/j.ins.2015.08.024
- [4] A. Maghyereh, B. Awartani, E. Bouri, "The directional volatility connectedness between crude oil and equity markets: New evidence from implied volatility indexes", *Energy Economics*, vol. 57, pp. 78-93, 2016, doi: 10.1016/j.eneco.2016.04.010
- [5] M. Lutfi, C. Nazwar, I. Muda, "Effects of investment opportunity set, company size and real activity manipulation of issuers in Indonesia Stock Exchange on stock price in Indonesia", *International Journal of Economic Research*, vol. 13, no. 5, pp. 2147-2159, 2016.
- [6] E. Fama, K. French, "The cross-section of expected stock returns", *Journal of Finance*, vol. 47, no. 2, pp. 427-465, 1992, doi: 10.1111/j.1540-6261.1992.tb04398.x
- [7] A. Lo, "Long-term memory in stock market prices", *Econometrica*, vol. 59, no. 5, pp. 1259-1313, 1989, doi: 10.3386/w2984
- [8] V. Shivajee, R. Singh, S. Rastogi, "Manufacturing conversion cost reduction using quality control tools and digitization of real-time data", *Journal of Cleaner Production*, vol. 237, no. 10, pp. 117678, 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.117678
- [9] E. Mitreva, S. Gjureska, N. Taskov, y H. Gjorshevski, "Application of methods and techniques for free production in a company for manufacture of

bread and bakery products”, *Quality - Access to Success*, vol. 20, no. 171, pp. 141-156, 2019.

[10] R. Aykroyd, V. Leiva, F. Ruggeri, “Recent developments of control charts, identification of big data sources and future trends of current research”, *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 144, pp. 221-232, 2019, doi: 10.1016/j.techfore.2019.01.005

[11] A. Rath, G. Nayak, R. Jena, ”Design & control of low cost solar tree for optimizing a PV system”, *International Journal of Recent Technology and Engineering*, vol. 8, no. 2, pp. 5622-5626, 2019.

[12] L. Kang, S. Albin, “On-line monitoring when the process yields a linear profile”, *Journal of Quality Technology*, vol. 32, no. 4, pp. 418-426, 2000, doi: 10.1080/00224065.2000.11980027

[13] D. C. Montgomery, *Introduction to Statistical Quality Control, 5th ed.* USA: Jhon Wiley & Sons, 2005.

[14] H. Gutiérrez-Pulido, *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*, 3 ed. Guanajuato: Mc Graw Hill, 2013.

[15] D. Peña, *Fundamentos de Estadística*, Madrid: Alianza, 2005.

[16] Bolsa de Valores de Colombia, “Metodología para el Cálculo del Índice COLCAP”, Bogota, Colombia, 2018.

[17] Grupo Aval, “Portal financiero: Acciones y Valores”, [En línea]. Disponible en: <https://www.grupoaval.com/wps/portal/grupo-aval/aval/portal-financiero>

[18] Grupo Bancolombia, “Investigaciones económicas”, [En línea]. Disponible en: <https://www.grupobancolombia.com/wps/portal/empresas/capital-inteligente/investigaciones-economicas>

[19] W. Woodall, D. Montgomery, “Research Issues and Ideas in Statistical Process Control”, *Journal of*

*Quality Technology*, vol. 31, no. 4, pp. 376-386, 1999, doi: 10.1080/00224065.1999.11979944

[20] S. Wold, M. Sjostrom, L. Eriksson, “PLS-regression: a basic tool of chemometrics”, *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, vol. 58, no. 58, pp. 109-130, 2001, doi: 10.1016/S0169-7439(01)00155-1

[21] M. Uluskan, “Analysis of Lean Six Sigma tools from a multidimensional perspective”, *Total Quality Management and Business Excellence*, vol. 30, pp. 1167-1188, 2019, doi: 10.1080/14783363.2017.1360134