

COMPORTAMIENTO DEL PRECIO DE LAS ACCIONES EN COLOMBIA UN ENFOQUE DE LA CAMINATA ALEATORIA

Behavior of the price of the shares in Colombia a random walk approach

RESUMEN

Este documento expone una metodología para determinar si el comportamiento de los precios de las acciones calificadas de alta bursatilidad del mercado de valores de Colombia siguen una caminata aleatoria, se utiliza la metodología de movimiento browniano. Los cálculos se desarrollan en hoja electrónica Excel, apoyándose en los complementos de Cristal Ball para la simulación Montecarlo.

PALABRAS CLAVES: Optimización, caminata aleatoria, rentabilidad, Simulación, movimiento Browniano.

ABSTRACT

This paper presents a methodology to determine if the behavior of stock prices qualified high marketability of the stock market in Colombia follows a random walk, using the methodology of Brownian motion. The calculations are developed in Excel spreadsheet, relying on supplements for the Crystal Ball Monte Carlo simulation.

KEYWORDS: Optimization, random walk, profitability, simulation, Brownian motion.

EDUARDO ARTURO CRUZ T

Ingeniero Industrial, Ms.C
Profesor asistente
Universidad Tecnológica de Pereira
ecruz@utp.edu.co

CESAR ZAPATA URQUIJO

Ingeniero Industrial
Profesor Auxiliar
Universidad Tecnológica de Pereira
cauza@utp.edu.co

PEDRO DANIEL MEDINA V

Ingeniero mecánico, Ms.C
Profesor Asistente
Universidad Tecnológica de Pereira
pemedin@utp.edu.co

Grupo de Investigación
Administración Económica y
Financiera.

1. INTRODUCCIÓN

Los inversionistas en los mercados de capitales que acostumbran invertir en títulos de renta variable (acciones), en cada jornada de negociación indagan sobre aquellos elementos que pueden sorprender en el comportamiento del precio de una acción en el mercado de valores. Existen distintas teorías y técnicas que implican un patrón determinado en la evolución de los precios de los activos transados en los mercados financieros.

Estos análisis han surgido en dos ambientes claramente identificables. El primero de ellos es el recinto donde se operan tales activos. Allí se desarrollaron las bases de los análisis técnico y fundamental, métodos de inversión característicos de los corredores de bolsa. Por otra parte, una serie de modelos matemático-estadísticos han ido surgiendo en el ámbito académico como réplica a los supuestos que sustentan los análisis de los profesionales de bolsa. Dichos modelos se desarrollaron a partir del creciente interés que han despertado los mercados financieros entre los académicos, y en especial, para determinar la utilidad o no de los análisis técnico y fundamental.[1]

La herramienta principal de los analistas técnicos en gestión de mercado es el gráfico o chart, que en su forma más sencilla muestra el precio más alto y más bajo de cada día unidos por una línea que esta marcada al nivel del precio de cierre. Este tipo de gráfico permite establecer canales construidos mediante dos líneas que conectan los mínimos y máximos de cada día. A través del análisis de dichos canales, los analistas determinan los momentos propicios para comprar o vender el activo financiero sobre el que están especulando. El analista que hace un uso intensivo de los gráficos es conocido como chartista, y su fin es encontrar patrones de precios populares como los son cabezas y hombros, las banderas o los triángulos, de tal forma que les permita proyectar la evolución futura de los precios.

La teoría de los fundamentos establece que existe un modelo lógico que relaciona un conjunto de factores reales con el precio de los activos financieros. El analista de los fundamentos realiza su trabajo mediante el estudio profundo de una variada gama de informes que le proveen datos pasados de las variables relevantes y sus proyecciones a futuro. Con toda esa información intenta realizar una estimación del curso futuro de los precios de las acciones. En forma simple, la operación que el analista de los fundamentos realiza es un 'arbitraje' entre el precio real del mercado y el precio teórico calculado por él, arbitraje sin riesgo si y sólo si el modelo con el

cual trabaja fuera eficiente en la provisión de precios presentes y futuros y si utilizara toda la información relevante y actualizada. [2]

A medida que las prácticas de los análisis técnico y fundamental se iban haciendo cada vez más populares en el recinto de las bolsas de comercio de todo el mundo, la comunidad científica comenzaba a interesarse en las bases que sostenían tales análisis.

Con el tiempo, los investigadores fueron descubriendo (o al menos eso afirmaban) que tanto los charts como el análisis de los fundamentos eran ineficientes para realizar una buena estimación de los cambios futuros de los precios de las acciones.

Se exploran diferentes métodos de pronóstico y series de tiempo como regresiones, meta heurísticas, redes neuronales, simulaciones, modelos Arima, modelos Arch y Garch entre otros. Dada la dificultad para predecir o pronosticar el comportamiento del precio de las acciones en los mercados de capitales, se expone el método de caminatas aleatorias (Movimiento Browniano), complementado con la simulación de Montecarlo. [3]

En este trabajo se determina la conveniencia para evaluar el precio esperado de las acciones a través del movimiento Browniano. Se toman las acciones ordinarias de la bolsa de valores de Colombia calificadas con un IBA (índice de bursatilidad accionaria) de alta bursatilidad con las que se conforma el índice general de la bolsa de Colombia (igbc). Posteriormente, se realiza la simulación Montecarlo para estimar el precio proyectado de las acciones en el mercado para los próximos cinco días. Finalmente, se compara el precio estimado frente al precio real.

2. ANTECEDENTES DEL MOVIMIENTO BROWNIANO

Robert Brown, con toda seguridad, no fue el primero en descubrir el movimiento que lleva su nombre. A consecuencia de sus viajes se fue interesando en la investigación de los coloides, y en la cuidadosa observación de preparaciones microscópicas en el estudio de los mecanismos de reproducción en las plantas. Sin embargo, el comportamiento errático del polen suspendido en una solución lo asoció a las teorías vitalistas de la vida, haciendo defensa de que este movimiento era propio de la materia viviente, y relacionado con los mecanismos de la reproducción.

la Matemática y la Física del siglo XIX no estaban lo suficientemente desarrolladas para atacar el fenómeno. Fue necesario esperar los trabajos de Einstein, en 1905, para su modelación. Y la barrera fundamental que

impedía el conocimiento del movimiento Browniano era justamente el determinismo clásico de la Mecánica de Newton. Esta aseguraba que todo movimiento debía tener por causa una fuerza. Einstein usando la teoría molecular cinética de la materia prueba que dicho movimiento se produce sin que medie la acción de fuerza externa alguna. [4]

3. MOVIMIENTO BROWNIANO

En 1900, L. Bachelier introdujo un modelo del movimiento Browniano (observado en la naturaleza por Brown en 1826) para modelar las fluctuaciones de la bolsa parisina.

El movimiento Browniano o proceso de Wiener en $(\Omega; \mathcal{F}; P)$ es un proceso aleatorio, $W = (W_t) t \geq 0$ tal que

- Sus trayectorias son continuas.
- Sus incrementos son independientes.

Si $0 \leq t_1 \leq \dots \leq t_n$, entonces

$$W_{t_1}; W_{t_2} - W_{t_1}, \dots, W_{t_n} - W_{t_{n-1}}$$

Son variables aleatorias independientes.

- $W_0 = 0$, $W_t - W_s$ es una variable gaussiana, con media cero y varianza $t - s$, es decir

$$W_t - W_s \sim N(0, t - s).$$

X es gaussiana o normal ($X \sim N(\mu, \delta^2)$) su distribución de probabilidad es

$$\Phi(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(u-\mu)^2}{2\sigma^2}} du$$

La densidad es la campana de Gauss

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Algunas consecuencias

- La variable W_t es normal, centrada, y tiene varianza t .

$$W_t \sim N(0, t)$$

- El incremento ΔW del proceso, es $N(0; \Delta t)$. Si se considera la variable $(\Delta W)^2$. Se tiene

$$E((\Delta W)^2) = \Delta t, \quad V((\Delta W)) = 2(\Delta t)^2$$

Luego, si $\Delta t \rightarrow 0$, la varianza es menor que la esperanza, luego la variable se "aproxima" a su valor esperado, su notación

$$(\Delta W)^2 \sim \Delta t, \text{ o sugestivamente } (dW)^2 = dt$$

- Una forma equivalente de ver esta propiedad, es demostrando que, si un intervalo [a, b] se parte en n subintervalos Δt_i iguales, y se consideran los incrementos ΔW_i en cada subintervalo, se cumple

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sum (\Delta W_i)^2 = b - a$$

Donde el límite es en probabilidad.[5]

3.1 El ruido Blanco

El ruido blanco en los precios de los instrumentos financieros está definido como las variaciones que especifican un comportamiento aleatorio, análogamente se podría decir que el ruido de la estática emitida por una emisora de radio AM que no es sintonizada por una estación.

El modelo para un proceso de ruido blanco es

$$W_t = \mu + \epsilon_t,$$

Donde μ es una constante, y ϵ_t , es una secuencia de variables aleatorias incorrelacionadas idénticamente distribuidos con media cero y varianza finita para $t=1, \dots, T$. La probabilidad de distribución de ϵ_t no es necesariamente una normal, pero el proceso si es un ruido blanco gaussiano

3.2 La caminata aleatoria

Una forma de construir el proceso de caminata aleatoria es de manera aditiva, definida por

$$Y_t = Y_{t-1} + \epsilon_t$$

Para $t = 1, 2, \dots, T$, tomando para 20 datos ($T=20$), y $Y_0 =$ Valor promedio ponderado del índice general de la bolsa de Colombia (Igbc) al 30/12/2009. Se pronostica para los veinte días siguientes, el ruido blanco y la caminata aleatoria.

3.3 Índice General de la bolsa de valores de Colombia (IGBC)

El IGBC está concebido, al igual que todos los índices de acciones, como un indicador de la evolución de los precios de las acciones más representativas del mercado. A través de los años se ha notado una gran evolución del mercado accionario en Colombia, aunque todavía es incomparable con los mercados desarrollados; en la actualidad en la Bolsa de Valores de Colombia existen 102 empresas registradas en Bolsa, de las cuales 32 componen el

IGBC (Índice General de la Bolsa de Valores de Colombia) siendo estas las de mayor bursatilidad en el último trimestre, las acciones más representativas de la Bolsa de Valores son: Ecopetrol, Suramericana de Inversiones, Bancolombia, Colinversiones, Isa, Argos y Bancolombia preferencial, entre otras.

El Índice de la Bolsa de Valores de Colombia s el IGBC, el cual corresponde al indicador bursátil del mercado de acciones, refleja el comportamiento promedio de los precios de las acciones en el mercado, ocasionado por la interacción de las fluctuaciones que por efecto de oferta y demanda sufren los precios de las acciones.

El IGBC se calcula con base en la ponderación de los volúmenes de negociación de las acciones y la variación de los precios. Es decir, Se seleccionan las acciones con mayores volúmenes y mayores variaciones de precios referenciadas a una fecha inicial y una fecha posterior:

$$I = \frac{\sum_{T=1}^n V_I P_I}{\sum_{T=1}^n V_O P_O}$$

Donde: V_I es el volumen de acciones negociadas en una fecha I,
 P_I es el precio en una fecha I,
 V_O es el volumen de acciones negociadas en una fecha O,
 P_O es el precio en una fecha O.

La rentabilidad del mercado de acciones de Colombia lo determina la variación del Índice I

$$\Delta I = \text{Rentabilidad} = I_1 - I_0$$

Donde $I_1 =$ Valor del IGBC en una fecha posterior I
 $I_0 =$ Valor del IGBC en una fecha Inicial I

El Valor del índice IGBC para cada día durante el año 2009, se aprecia en la figura 1. [6]

| | A | B |
|-----|------------|-----------|
| 1 | fc_indica | vr_indica |
| 2 | 02/01/2009 | 7623,225 |
| 3 | 05/01/2009 | 7672,854 |
| 4 | 06/01/2009 | 7855,652 |
| 5 | 07/01/2009 | 7719,714 |
| 6 | 08/01/2009 | 7720,391 |
| 238 | 22/12/2009 | 11565,58 |
| 239 | 23/12/2009 | 11511,72 |
| 240 | 24/12/2009 | 11614,81 |
| 241 | 28/12/2009 | 11562,42 |
| 242 | 29/12/2009 | 11568,9 |
| 243 | 30/12/2009 | 11602,14 |

Figura 1. Valor del IGBC Durante el año 2009
 Note que las filas 7 a 237 están ocultas.

Las características de los datos del IGBC durante el año 2009 se aprecian en la figura 2. [7]

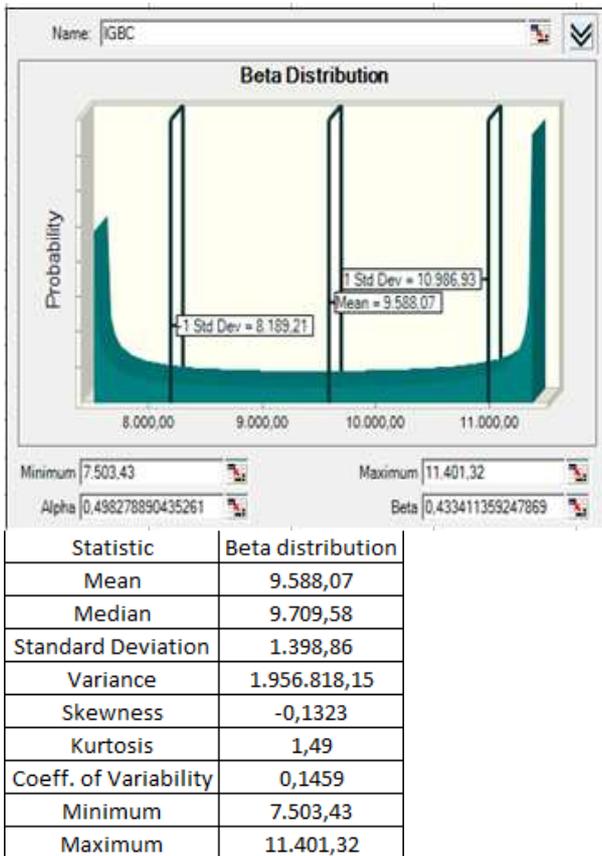


Figura 2. Estadísticas del índice IGBC diario de 2009

Los valores del índice de la Bolsa de Valores de Colombia sigue una distribución paramétrica Beta, con un valor promedio $\mu = 9.588.07$ y desviación estándar $\sigma = 1.398.86$.

En la figura 3, se aprecia la conformación del ruido blanco y de la caminata aleatoria para veinte datos aleatorios ($t = 1,2,3,\dots,20$), en el rango C4:C20 se generan los números aleatorios con una desviación estándar de acuerdo al comportamiento de los datos históricos usando la expresión $W_t = \mu + \epsilon_t$. Los valores de W_t se presentan en el rango D2:D20, se determina el proceso de ruido blanco gaussiano como se aprecia en el centro de la figura 3. Se nota la independencia de las observaciones, cuando un valor cae la siguiente observación puede ser de mayor o menor del valor promedio 9.588,07.

En la parte inferior de la figura 3, se presenta el comportamiento de los valores del IGBC con el valor medio y desviación estándar calculados previamente (ver

figura 2). En el rango E3:E20 de la figura 3, se muestran los valores de la caminata aleatoria calculados a partir de la expresión $Y_t = Y_{t-1} + \epsilon_t$. Se aprecia como la caminata aleatoria exhibe un comportamiento que coincide con el proceso de ruido blanco respecto al valor promedio de los datos.

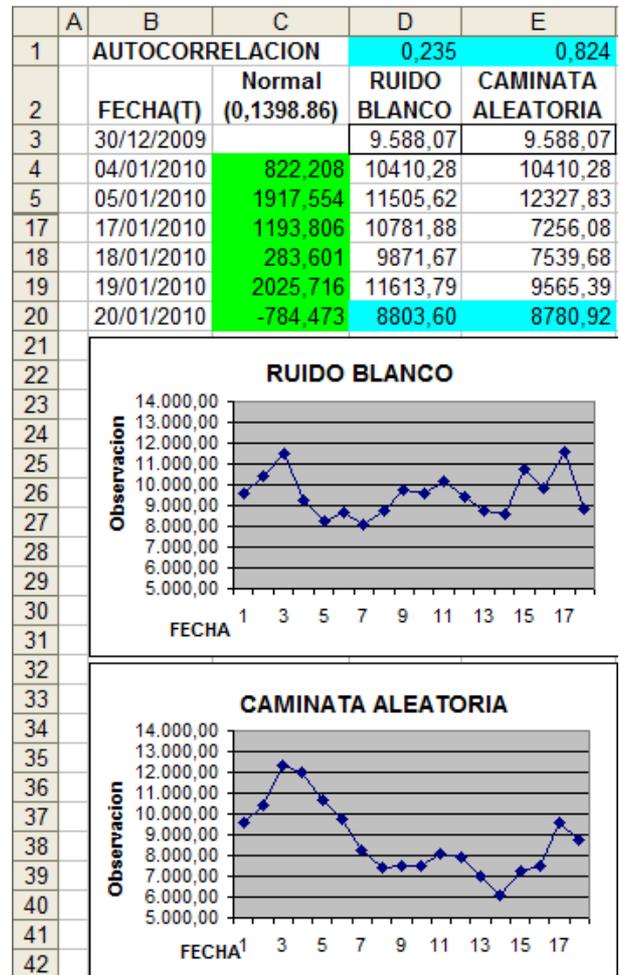


Figura 3. Modelo de comparación entre un proceso de ruido blanco y una caminata aleatoria.

4. RESULTADOS

4.1 Representación Gráfica de los datos

Cuando se estudian las series de tiempo, resulta útil una representación gráfica de los datos con el fin de visualizar si en la misma se puede descubrir algún tipo de comportamiento que proporcione una clave inicial respecto a la naturaleza de la serie de datos. En la figura 4 se representa gráficamente los datos del IGBC durante el 2009. A simple vista se puede notar una tendencia alcista, pero al considerar dato a dato se puede juzgar como irregular lo que manifiesta un comportamiento aleatorio, cambia de precio en aumento o disminución frente al valor anterior sin seguir un orden. Ver figura 4.

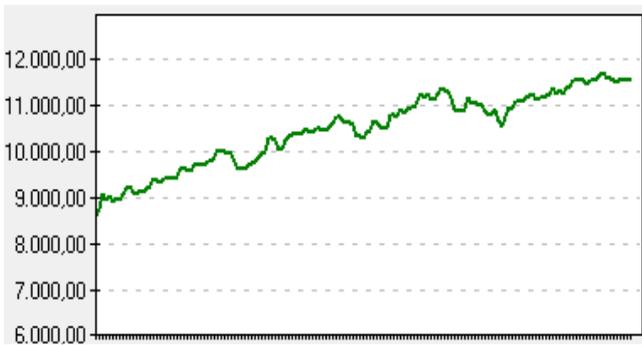


Figura 4 Representación lineal del índice General de la bolsa de valores de Colombia

4.2 Prueba de estacionariedad basada en un correlograma

La prueba de estacionariedad se basa en la función de autocorrelación (FAC). La función de autocorrelación al rezago K, denotada por ρ_K tiene como objetivo identificar el grado de autocorrelación de una serie de tiempo con respecto a sus datos anteriores. Para $Y_T, t=1,2,3,...,T$ es

$$\rho_K = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (Y_t - Y') (Y_{t+k} - Y')}{\sum_{t=1}^n (Y_t - Y')^2}$$

Donde K: número de rezagos
 Y: Índice IGBC
 Y': Valor promedio IGBC

La gráfica de ρ_K contra K se llama correlograma, y se presenta en la figura 5.

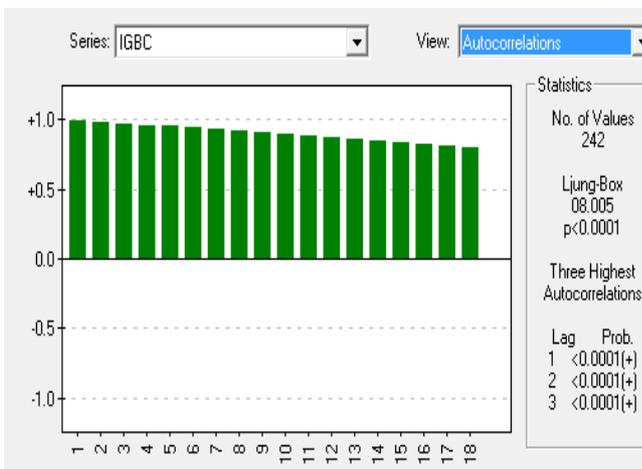


Figura 5. Correlograma del IGBC

De acuerdo al correlograma de la figura 5, el coeficiente de autocorrelación comienza con un valor muy alto en el primer valor de ρ_K (cercano a 1) y disminuye en

forma lenta conforme el rezago se prolonga. Siguiendo el comportamiento de un correlograma típico de una serie no estacionaria. Es decir, el índice general de la bolsa de valores de Colombia (IGBC) es no estacionaria.

4.3 El test de Ljung-Box

Existen dos pruebas para estimar la autocorrelación: el test de Bartlett y el test de Ljung-Box. El test de Bartlett determina si una serie de tiempo es puramente aleatorio, es decir, si muestra ruido blanco. [8]

El test de Ljung-Box (LB) permite probar la hipótesis conjunta de que todos los coeficientes de autocorrelación son iguales a cero simultáneamente. El test de LB está definido por:

$$Q' = n(n + 2) \sum_{k=1}^{h-1} \frac{r_k^2}{(n - k)}$$

Donde: Q' es el estadístico de Ljung-Box, la probabilidad de que el conjunto de los coeficientes de las autocorrelaciones son todos iguales a cero.
 N Es el número de datos
 H Es el tamaño del conjunto de correlaciones usados para calcular la estadística
 Rk Es la autocorrelación con un rezago de k periodos

El tamaño del conjunto de autocorrelaciones es igual a 1/3 del tamaño de los datos. En la figura 5, ninguno de los tres primeros rezagos es mayor a 0.001, lo cual indica una alta probabilidad de tener estacionariedad en los datos del IGBC. La probabilidad de LB es menor a 0.05 lo que confirma que existe estacionariedad.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Al analizar el comportamiento de los valores del IGBC durante el año 2009 se demuestra que los cambios en los precios de las acciones de la bolsa de valores de Colombia es estacionaria, es decir, no sigue una caminata aleatoria.
- El índice IGBC en su representación gráfica presenta un marcado comportamiento de tendencia al alza, el componente aleatorio o ruido blanco no es muy significativo frente al valor constante representado como el valor del índice promedio.
- El componente estocástico representado por el ruido blanco, sigue una caminata aleatoria.
- Es conveniente incluir en la toma de decisiones los análisis técnicos (chartismo) y los análisis fundamentales para tomar mejores posiciones en la

apertura o cierre de operaciones en el mercado de valores accionario.

- El manejo de modelos estocásticos enriquece los resultados obtenidos al contar con un amplio número de escenarios obtenidos en corto tiempo.

BIBLIOGRAFÍA

[1] R. Merton. Continuous Time Finance 1990. Cambridge MA & Oxford UK: Blackwell.

[2] BREALEY Richard A., Myers Stewart C., Principios de finanzas corporativas, Cuarta edición, 1202 páginas, Mc Graw Hill, Madrid, 1993.

[3] CHARNES John, Financial Modeling with cristal ball and Excel. Primera Edición , 269 páginas, Wiley, New Jersey, 2007

[4] EVANS James, OLSON David, Introduction to simulation and risk análisis, Segunda edición, 392 páginas, prentice hall, New Jersey, 2002.

[5] COOTNER P, The random Character of stock market prices. MIT press. Cambridge, MA, EEUU 70 pp. 1964

[6] www.superfinanciera.gov.co fecha consulta: 20/01/2010.

[7] CB predictor TM. 1.6 ed. Cristal Ball - software

[8] BARTLETT MS On the theoretical specification of sampling properties of autocorrelated time series. J stat soc 27-41