Universidad de La Salle
Ciencia Unisalle

Finanzas y Comercio Internacional

Facultad de Economía, Empresa y Desarrollo Sostenible - FEEDS

2020

Análisis a través de procesos de optimización geométrico browniano aplicado en los ETFS

Cristihan Andrés Chaves Cárdenas
Universidad de La Salle, Bogotá

Juan Fernando Rodríguez Ramos
Universidad de La Salle, Bogotá

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/finanzas_comercio

Part of the Finance Commons

Citación recomendada

Chaves Cárdenas, C. A., & Rodríguez Ramos, J. F. (2020). Análisis a través de procesos de optimización geométrico browniano aplicado en los ETFS. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/finanzas_comercio/617

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Economía, Empresa y Desarrollo Sostenible - FEEDS at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Finanzas y Comercio Internacional by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

ANÁLISIS A TRAVÉS DE PROCESOS DE OPTIMIZACIÓN GEOMÉTRICO BROWNIANO APLICADO EN LOS ETFS

CRISTIHAN ANDRES CHAVES CARDENAS

JUAN FERNANDO RODRIGUEZ RAMOS

UNIVERSIDAD DE LA SALLE

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y SOCIALES

PREGRADO EN FINANZAS Y COMERCIO INTENACIONAL

Bogotá, abril 2020

ANÁLISIS A TRAVÉS DE PROCESOS DE OPTIMIZACIÓN GEOMÉTRICO BROWNIANO APLICADO EN LOS ETFS

CRISTIHAN ANDRES CHAVES CARDENAS

Código:63132142

JUAN FERNANDO RODRIGUEZ RAMOS

Código: 63151321

MANUEL ANDRÉS MARTÍNEZ PATIÑO

Director

UNIVERSIDAD DE LA SALLE

PREGRADO EN FINANZAS Y COMERCIO INTENACIONAL

Bogotá, abril 2020

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 7
2. MARCO DE REFENCIA 10
2.1. Introducción a los ETFs 10
2.2. Probabilidad y procesos estocásticos 12
2.3. Martingala y Movimiento Browniano 13
2.4. Modelo Black Scholes 13
2.5. Estadístico RMSE 14
2.6. Modelo Markowitz 15
2.7. Índice de Sharpe 16
3. METODOLOGÍA 17
4. CAPÍTULO DE RESULTADOS 18
4.1. Análisis de los ETFs 19
4.2. Pronóstico de precios 22
4.3. Aplicación del teorema de formación de portafolios (modelo Markowitz) 28
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 35
6. BIBLIOGRAFÍA 37
7. ANEXOS 39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ventajas y desventajas de los ETFs 11
Tabla 2. ETFs a partir de datos históricos para inversión individual o total 21
Tabla 3. Pronóstico MGB 26
Tabla 4. Estadístico RMSE 27
Tabla 5. Portafolios óptimos de inversión en los ETFs 31
Tabla 6 Determinación de Eficiencia de los ETFs 33

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1. Tendencia de los índices de inversión a partir de datos históricos 19
Gráfico 2. Valor esperado 23
Gráfico 3. Portafolios eficientes para los ETFs 28

AGRADECIMIENTOS

Principalmente le quiero agradecer a mi familia por el apoyo incondicional y la paciencia que ha tenido por el tiempo que he estado alejado de ellos, pero en especial le quiero agradecer a las dos mujeres más importantes de mi vida que son mi abuela Rosa Helena Ortegón De Rodríguez por ser la persona que me motiva cada día para no decaer en mis proyectos y de la mano de Dios ha estado en constante oración para que mis metas se cumplan con éxito y la otra persona que le quiero agradecer a mi Mamá Liliana Ramos Jiménez la cual siempre me ha apoyado a lo largo de mi vida académica y hago este proyecto en memoria a ella, ya que desafortunadamente no se encuentra con nosotros y su mayor deseo era verme graduado.

Hoy le doy las gracias a uno de los seres más maravillosos en mi vida, mi madre Claudia Constanza Cárdenas Sánchez por ser ese motor que día a día estuvo ahí la persona la cual nunca me dejó desfallecer sin importar cuantas dificultades sucedieran. Quien me impulsó a seguir, ese ser que con entrega, amor, paciencia y disposición lo ha dado todo por mí, quiero agradecerle a mi hermano Julián David Jaimes el cual ha sido parte importante de mi crecimiento como persona quiero que me vea como un ejemplo a seguir en su vida y que sepa que a pesar de los obstáculos nunca se debe desfallecer, también agradezco a Víctor Jaimes que desde que era un niño ha sido esencial en mi educación , en mi formación como persona y en todo lo relacionado a mi vida personal, a mis abuelos los cuales han sido parte fundamental del proceso y a mi familia en general, gracias mil gracias por todo .

Y, sobre todo, queremos agradecer a nuestro tutor de proyecto de grado Manuel Andrés Martínez Patiño por tener la paciencia y la virtud de la enseñanza para que este trabajo salga lo mejor posible, por su dedicación, su tiempo y compartir su aprendizaje en el desarrollo de este trabajo.

MODELOS DE OPTIMIZACIÓN A TRAVÉS DE PROCESOS GEOMETRICOS BROWNIANOS APLICADOS A LOS FONDOS DE INVERSIÓN COTIZADOS (ETFs[1])

Resumen del proyecto investigativo disciplinar

El objetivo de esta investigación es determinar la eficiencia en la construcción de los ETFs a través de la mejora en el proceso de optimización evaluados bajo pronóstico en las series de tiempo financieras. En resumen, con base en las series de los valores en dólares (USD) de cada ETF en Colombia (Icol), México (Flmx), Brasil (Fblr) y Estados Unidos (Usmv) y las acciones que los componen, a partir de los precios, se calcularon los rendimientos y luego se obtuvieron los parámetros para hacer los pronósticos mediante el Movimiento Geométrico Browniano (MGB) logrando la mayor precisión en cuanto a retorno esperado y desviación estándar. Dichas series fueron tomadas de la herramienta Economática, considerando sólo los días hábiles de cotización, en una ventana de tiempo entre el 28 de noviembre de 2018 y el 29 de noviembre de 2019. Los pronósticos se evalúan a través del teorema de formación de portafolios, usando el modelo de Markowitz y el índice de Sharpe. Se obtienen portafolios eficientes que arroje como resultado un portafolio óptimo de inversión, determinando su eficiencia mediante la valoración de los fondos de inversión.

Palabras Clave: Proceso de optimización, Movimiento Browniano, Geométrico, Rendimiento, Tendencia, Variación.

(C-61, D-52, G-11,G-12, G-14)

[1]Abreviación de su nombre en inglés: Exchange-Traded Fund (en español: Fondo de Transacción Bursátil).

OPTIMIZATION MODELS BASED ON GEOMETRIC BROWNIAN MOTION PROCESS APPLIED IN THE ETFs

ABSTRACT

The objective of this research is to determine the efficiency in the construction of ETFs by improving the optimization process, evaluated under forecast in the financial time series. In summary, based on the USD value series for each ETF in Colombia (Icol), Mexico (Flmx), Brazil (Fblr) and the United States (Usmv) and its stocks, returns were calculated to get the parameters, to make forecasts through Geometric Brownian Motion Model (GBM) achieving the greatest precision in terms of expected performance and standard deviation.. The value series were downloaded from Economatica, considering only trading/working days from November 28th, 2018 to November 29th, 2019. The forecasts were evaluated with portfolio formation theorem, using Markowitz model and Sharpe index. Efficient portfolios are obtained that result in an optimal investment portfolio, determining its efficiency through the valuation of investment funds.

Keywords: Optimization process, Brownian Movement, Geometric, Performance, Trend, Variation

1. Introducción

En el marco financiero, especialmente en el mercado de renta variable, los ETFs son portafolios sobre un índice o una canasta, negociables en bolsa. Su objetivo principal es proporcionar a los inversionistas una alternativa diversificadora de portafolios con una mayor rentabilidad a través de un solo producto.

El análisis de esta investigación se basa en usar los rendimientos de los pronósticos para hacer un portafolio óptimo y luego compararlo con un portafolio hecho a partir de datos históricos.

Esta investigación pretende responder la siguiente pregunta: ¿En qué magnitud mejora el proceso de optimización de los productos ETFs evaluados bajo pronóstico en las series de tiempo? Para responder este interrogante se analizaron los ETFs, escogiendo cuatro (4) portafolios de fondos de inversión en Colombia (Icol), México (Flmx), Brasil (Fblr) y Estados Unidos (Usmv) y las acciones que los componen.

La fuente de información utilizada fue la herramienta Economática, de la cual se tomaron las series de los valores en dólares (USD) registrados en los días hábiles de cotización en el periodo de tiempo comprendido entre el 28 de noviembre de 2018 y el 29 de noviembre de 2019.

Se escogieron ETFs en Estados Unidos (Usmv) que tuvieran sectores comunes a los ETFs latinoamericanos (Icol, Flmx y Flbr) para comparar sus rendimientos.

Mediante la aplicación del MGB que cumple con la propiedad de la martingala[2] se determina el valor esperado del precio para obtener los pronósticos de cada ETF y las acciones que lo componen, logrando la mayor precisión en cuanto a rentabilidad-riesgo, respaldado en el estadístico RMSE[3] que estima de manera efectiva la precisión del pronóstico.

Se evalúa por medio del teorema de formación de portafolios , fundamentado en encontrar el portafolio de inversión optimo, empleando el modelo de Markowitz que se basa en encontrar una adecuada elección de los activos que componen el portafolio. Determinando su eficiencia por la valoración de los fondos de inversión con uso del índice de Sharpe.

Teniendo en cuenta que el objetivo de esta investigación es incrementar la eficiencia de los portafolios con ayuda de los pronósticos de los rendimientos de los ETFs, se analizarán dos modelos: el primero, a partir de los datos históricos de cada uno de los activos que componen los ETFs y su pronóstico para el siguiente periodo; y el segundo, con un modelo alternativo realizado a través del MGB, optimizando los portafolios con ayuda del modelo de Markowitz. Al comparar estos dos modelos, se podrá concluir si el modelo alternativo ofrece mejores resultados en términos de eficiencia del portafolio, entendiéndose la eficiencia, como mayor rentabilidad al menor riesgo.

Los modelos y aplicaciones cuentan con un soporte teórico, acerca de la forma en que diferentes autores han tratado los modelos y aplicaciones que se trabajan en esta investigación.

Este trabajo inició con la profundización teórica sobre los ETFs, desde su creación, implementación, utilización, funcionalidad y los beneficios que se obtienen.

Como soporte teórico del desarrollo de este trabajo, se toma el informe de Ariza Garzón, de Castillo Mejía, de Córdoba Becerra, y de Veloza Gaitán (2012), que aborda la teoría de portafolios, describiendo los ETFs como alternativas de inversión eficientes por su baja estructura de costos y

[2]Es una propiedad que determina el valor esperado futuro de cualquier instrumento financiero
[3]Por su nombre en inglés, Root Mean Square Error (en español, raíz del error cuadrático medio).

la manera de generar rentabilidad. Para esta investigación los autores implementaron el modelo de Markowitz para crear un ETF que refleja la evolución del mercado basado en el índice del MILA (Mercado Integrado de Latinoamérica). En conclusión se trae a colación que la investigación asevera los componentes, ventajas, riesgos, antecedentes y la creación del modelo mismo.

Otro método de aplicación de los ETFs se encuentra en el proyecto investigativo de Silva & Muñoz (2014), en el cual se analiza un cálculo de renta fija hacia la valoración de los ETFs por medio del índice de deuda pública, con el fin de incentivar a los inversionistas, y se ejemplifica el impacto en la economía colombiana, a través de la optimización de rendimientos, proponiendo una nueva idea de inversión en el mercado bursátil de Colombia. Se recurre a este informe en el cual se resalta como el modelo de Markowitz gracias a su teoría de portafolios logran diversificar eficientemente los activos que componen el ETF y como su estructuración puede impulsar a invertir ofreciendo buena rentabilidad a un riesgo mínimo.

También De la Uz (2001), abordo en su investigación sobre el uso de las martingalas en el mercado bursátil, en el cual se evalúan las condiciones para obtener rendimientos en los índices IPC e IMPEX de la ciudad de México, con la intención de pronosticar los índices y optimizarlos a largo plazo. Se aborda este trabajo porque utilizan las martingalas para estimar el valor esperado y a partir de este generar procesos de pronóstico , nos aporta pues usaremos de una manera similar las martingalas logrando la optimización a través de procesos de pronóstico.

La investigación realizada por Hernández (2016), constituye otro referente de este trabajo. En su investigación el autor abordó el Movimiento Browniano, utilizando series de retornos de activos, demostrando que se sobrestima la relación retorno-riesgo y no tiene en cuenta el cambio en un intervalo de tiempo, ya que las combinaciones de activos en el portafolio permanecen inalteradas.

Saavedra (2005), también ofrece un soporte teórico importante; en su artículo analizó el modelo Black y Scholes a partir de la decisión de aplicar el modelo a algunas empresas mexicanas que invierten en la bolsa, en las cuales lograron comprobar la eficiencia y veracidad propuesta por el MGB. Se acoge la investigación empírica del MGB, en la que considera sus limitaciones y adapta el modelo al contexto mexicano, utilizando las variables contenidas en el modelo sin considerar otros aspectos, determinando la efectividad del modelo en el mercado. Su aporte es significativo

en cuanto a su aplicación debido a que nuestro análisis es empírico y se espera determinar la efectividad del modelo en los pronósticos logrando la mayor precisión posible.

Finalmente, el informe de Bedoya (2009), Expone el modelo de Markowitz, que, plantea estrategias a partir del monitoreo de variables propias de portafolios concretos, estas son rendimiento, exposición al riesgo, costos de transacción entre otras y a su vez sirve como apoyo en la toma de decisiones en procesos negociación a pesar de su gran aporte y sus esfuerzos por mejorarlo, en la práctica no lo utilizan para la configuración de sus portafolios. Una vez contextualizado el tema con los aportes de los diferentes autores mencionados, el análisis se desarrolla de forma cuantitativa. Para tal fin, se recapitulan temas de probabilidad y procesos estocásticos que son fundamentales para abordar el tema de la martingala y sus efectos sobre el MGB. Este último permite pronosticar los precios y los rendimientos de los instrumentos financieros que serán utilizados en los ETFs.

Una vez obtenidos los retornos de los pronósticos, se implementa el modelo de Markowitz para optimizar el portafolio en términos de rentabilidad/riesgo. La elección se basa en la aplicación de la frontera de portafolios eficientes, creando así portafolios de inversión para diferentes niveles de riesgo.

Por último, se implementa el índice de Sharpe para determinar la eficiencia en un portafolio, basado en los ETFs disponibles en los mercados.

2. Marco de referencia

2.1. Introducción a los ETFs

A comienzos del año 1993, el 22 de enero surge el primer fondo de transacción bursátil (ETF) Proveniente de Estados Unidos negociado en la bolsa de valores de Nueva York (NYSE), se denominó el S&P SPDR (por su nombre en inglés, Standard & Poor's Depositary Receipts), gracias al ingenio y aporte de Nathan Most(1914-2004). Este fondo cotizado en bolsa hizo parte del índice Estándar and Poor`s 500 S&P 500 [4] y lo gestionaba State Global Advisor.

[4] Uno de los índices bursátiles más importantes de Estados Unidos.

Este índice marcó un hecho sin precedentes en la historia de las finanzas, debido a que Most revoluciono los fondos tradicionales, considerando como primera instancia a los pequeños inversionistas, consiguiendo ofrecerles un producto diversificado que emula el comportamiento del S&P 500.

A continuación, algunas de las ventajas y desventajas de los ETFs:

Tabla 1. Ventajas y desventajas de los ETFs

Ventajas	**Desventajas**
Los ETFs funcionan igual que las acciones, en la medida en que pueden ser compradas y vendidas a cualquier hora en la que el mercado esté activo, admiten stop loss, no se puede ir en corto con ellos y algunos tienen opciones, a diferencia de los fondos convencionales que solo permiten su venta al final de cada día.	Para la venta y compra de un ETF se necesita pagar comisiones al bróker (al igual que en la compra y venta de acciones normales), mientras que los fondos normales no implican comisión alguna. Esto hace menos interesante al momento de invertir pequeños capitales en ETFs.
Se generan menos gastos operativos en comparación con los fondos tradicionales, ya que no es necesario pagar analistas, lo cual reduce los gastos en comisiones de gestión. Existen ETFs que cobran comisiones anuales del 0.10% o incluso más bajas.	En la compra y venta de ETFs se paga implícitamente la mitad del bid-ask spread; esto es, la diferencia entre el precio que piden los que ofertan (venden) y el precio que dan los que demandan (compran). Puede que sea mínima la diferencia en ETFs populares, pero en mercados emergentes no sucede lo mismo. Lo anterior afecta de manera negativa la posibilidad de negociar con ETFs en el corto plazo

Los ETFs trabajan con varios activos que operan con una sola fuente, lo cual se traduce en activos diversificados	En los fondos tradicionales, los dividendos suelen ser reinvertidos de manera automática, alternativa que no ofrecen los ETFs, incurriendo en costos de transacción.

Fuente: Elaboración propia

2.2. Probabilidad y procesos estocásticos

Para entender los conceptos de cálculo estocástico se deben abordar los conceptos básicos de probabilidad, principalmente los relacionados con espacio muestral **Ω**.

Cada uno de los precios de los instrumentos financieros se genera en un espacio de probabilidad (**Ω**, $\mathscr{F}$, $\mathbb{P}$), un espacio muestral **Ω** que presenta todos los resultados de las simulaciones en un escenario continuo y pertenece a un $\mathscr{F}$ es un σ-Algebra en **Ω** que contiene todos los subconjuntos unitarios para toda $\mathscr{F} \subseteq$ **Ω**, $\mathscr{F}$ es el conjunto de **Ω** y es una variable discreta, a estos conjuntos se le denominan medibles o eventos.

Por lo tanto, (**Ω**, $\mathscr{F}$, $\mathbb{P}$) se llama espacio de probabilidad si **Ω** ≠ ∅, $\mathscr{F}$ es un σ-Algebra en **Ω** y $\mathbb{P}$ es una probabilidad sobre el espacio medible (**Ω**, $\mathscr{F}$) Llinás (2014), acompañado de las variables de distribución normal que parten de $\mu \in Y\ \sigma^2 > 0$, en símbolo $X \triangleq N(\mu, \sigma^2)$.

Una medida de probabilidad según Venegas (2008), define un σ-Algebra como un conjunto de elementos que incluyen información relevante para la realización de un experimento y asigna probabilidades a los elementos σ-Algebra.

Una medida de probabilidad en un espacio muestral que no contiene información completa, en ocasiones carece de información y está contenida dentro de un σ-Algebra que incluye los resultados adicionales que no se pueden encontrar en un espacio muestral:

$$\tilde{A} = \{\mathscr{F} \cap B : \mathscr{F} \in \mathcal{A}\} \qquad (1.1)$$

Un σ-Algebra es igual al conjunto que contiene todos aquellos elementos que una filtración σ^2 y B tienen en común, el conjunto de los elementos $\mathscr{F}$ tales que una filtración σ^2 es elemento del conjunto $\mathcal{A}$.

2.3. Martingala y Movimiento Browniano

Una martingala es una propiedad que determina el valor esperado futuro de cualquier instrumento financiero en un espacio de probabilidad (Ω, $\mathcal{F}$, $\mathbb{P}$) con un intervalo $0 < s < t$. Esto denota que se tiene información acumulada desde 0 hasta t, y la filtración $\mathcal{F}$ puede ir hasta $\mathcal{F}_t$, permitiendo hallar el valor de un instrumento en ese espacio temporal.

$$\mathbb{E}\,[B\,(t_i + 1) - B(t_i)] = 0 \qquad (1.2)$$

El valor esperado de los cambios en el Movimiento Browniano es igual a cero (0).

$$V\,ar\,[B\,(t_i + 1) - B(t_i)] = t_i + 1 - t_i \qquad (1.3)$$

La varianza de los cambios en el Movimiento Browniano es igual a t

$$Cov(t, s) = E(B_t B_s) = 0 \qquad (1.4)$$

La covarianza que depende del tiempo y el precio es igual al valor esperado de un movimiento browniano que depende del tiempo y el precio es igual a cero (0).

Lo que significa un valor esperado igual a cero (0), varianza constante y covarianza igual a cero (0).

Un Movimiento Browniano es un proceso continuo que se distribuye de forma normal B(t)~N (0, t) y se genera en una serie de tiempo $0 = t_0 < t_1 < \ldots < t_n$ donde la diferencia de los incrementos está definida por:

$$\{B\,(t_1) - B\,(t_0),\, B\,(t_2) - B\,(t_1),\, \ldots,\, B\,(t_n) - B(t_{n-1})\} \qquad (1.5)$$

Este aumento contempla el conjunto (Ω, $\mathcal{F}$, P) y su cálculo es por medio de una distribución normal con valor esperado, varianza y covarianza según la descripción en las propiedades de la martingala explicada en las ecuaciones (1.2-1.4)

$$\mathbb{E} \rightarrow \boldsymbol{B(t)}\,[\boldsymbol{\mathcal{F}s}] \qquad (1.6)$$

La fórmula (1.6) es el valor esperado condicional de un Movimiento Browniano cuando este depende de una $\boldsymbol{\mathcal{F}s}$

2.4. Modelo Black y Scholes

El modelo es un Movimiento Geométrico Browniano (MGB) explica un patrón de conducta entre los rendimientos de una acción por unidad de tiempo, (Venegas, 2008). Y se calcula con las siguientes variables: el precio de la acción, tiempo de vencimiento, varianza del precio de la acción y la tasa libre de riesgo.

Para la implementación del MGB se consideraron los siguientes supuestos:

- No existe arbitraje
- No hay pago de dividendos
- No existen costos de transacción

Se obtienen los parámetros a través de los procesos estocásticos que con llevan la martingala y el Movimiento Browniano para pronosticar por medio del Movimiento Geométrico Browniano.Con el fin de simular los rendimientos y riesgos de cada uno de los portafolios, en el trabajo de Hernández (2016) se menciona la siguiente ecuación:

$$dSt = \mu\, St\, dt + \sigma\, St\, dWt \tag{1.7}$$

En este caso, el parámetro de tendencia, $\mu \in \mathbb{R}$, es el rendimiento medio esperado del activo subyacente y $\sigma > 0$ es su volatilidad instantánea, por unidad de tiempo.

$$d(\ln St) = (\mu - \frac{1}{2}\sigma^2)\, dt + \sigma dWt \tag{1.8}$$

Si se discretiza la ecuación anterior con $\triangle t = T - t$, entonces se obtiene:

$$\ln S_T - \ln S_t = \frac{(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2)(T-t) + \sigma\sqrt{T-t}\,\varepsilon}{2} \tag{1.9}$$

donde $\varepsilon \sim \mathcal{N}(0;1)$: Por lo tanto,

$$\ln\left(\frac{ST}{St}\right) \sim \mathcal{N}\left(\left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)(T-t), \sigma^2 (T-t)\right) \tag{1.10}$$

Logaritmo natural ST sobre St sigue una distribución normal, en la cual por los rendimientos menos $\frac{1}{2}$ de σ^2 por periodo de tiempo que se negocia una acción menos el tiempo más σ^2 por el periodo de negociación (T) menos el tiempo (t). Siendo t menor que T

2.5. Estadístico RMSE [5]

Es una medida de inferencia estadística para comparar valores muestrales con valores de una población, en este caso se utiliza para comparar los resultados de una simulación con los valores observados en una serie temporal.

[5] Por su nombre en inglés, Root Mean Square Error (en español, raíz del error cuadrático medio)

El RMSE es confiable y apropiado cuando los errores del modelo siguen una distribución Log-normal y los errores son insesgados evaluando la precisión de pronóstico de manera efectiva.

$$RMSE = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(P_i - O_i)^2}}{n} \quad (1.11)$$

La suma de las diferencias entre los valores pronosticados (Oi) y reales (Pi) desde un tiempo t=1 hasta un tiempo t=n, donde n es la cantidad total de tiempos observados, calcula el error entre dos datos, comparando el valor pronosticado con el valor observado.

2.6. Modelo de Markowitz

La teoría de Harry Markowitz analiza la forma en la que el inversionista actúa motivado por la rentabilidad, minimizando el riesgo. Determina que para diseñar portafolios eficientes se debe entender el significado de rendimiento esperado y riesgo. El portafolio que se logra será por medio de la distribución del riesgo en todas las opciones entre los diferentes activos, esta alternativa que se conoce como diversificación tiene como fin compensar entre las pérdidas de un activo con las ganancias de otros y sustenta que los precios de los activos no evolucionan de igual manera

El proceso de conformación y organización de portafolios radica en agrupar un conjunto de activos financieros con características propias de rentabilidad, riesgo y plazo. Su adecuada combinación garantiza al inversionista una rentabilidad específica, agregado a un nivel de riesgo particular (Markowitz, 1952)

Supone:

- ✓ Los rendimientos de los activos siguen una distribución normal
- ✓ Existe aversión al riesgo por parte de los inversionistas, interesados en maximizar la rentabilidad (**μp**) y minimizar el riesgo (**σp**)
- ✓ Los precios son prácticamente continuos. Las cotizaciones de los índices no saltan, ni caen varios puntos de un momento a otro, sino que hacen ese cambio de forma paulatina, significa que los precios se mantienen constantes en el tiempo
- ✓ Los cambios de precios siguen un Movimiento Browniano.
- ✓ La rentabilidad es una variable aleatoria y su distribución de probabilidad para el periodo de referencia lo conoce el inversionista.
- ✓ El riesgo del portafolio se representa por medio de la desviación estándar.

Para que los portafolios de inversión se mantengan equilibradas es necesario que cuenten con diversificación

Un ejemplo para tres activos (A, B, C) es la matriz de covarianzas:

$$\mathbf{Cov} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{\sigma_A^2} & \boldsymbol{\rho_{AB}\,\sigma_A\,\sigma_B} & \boldsymbol{\rho_{AC}\,\sigma_A\,\sigma_C} \\ \boldsymbol{\rho_{AB}\,\sigma_A\,\sigma_B} & \boldsymbol{\sigma_B^2} & \boldsymbol{\rho_{BC}\,\sigma_B\,\sigma_C} \\ \boldsymbol{\rho_{AC}\,\sigma_A\,\sigma_C} & \boldsymbol{\rho_{BC}\,\sigma_B\,\sigma_C} & \boldsymbol{\sigma_C^2} \end{bmatrix} \quad (1.12)$$

σ=Riesgo

ρ=Rho (correlación)

La operación de matrices que se plantea a continuación permite obtener la varianza del portafolio:

$$[\mathbf{W_A} \quad \mathbf{W_B} \quad \mathbf{W_C}] \begin{bmatrix} \boldsymbol{\sigma_A^2} & \boldsymbol{\rho_{AB}\,\sigma_A\,\sigma_B} & \boldsymbol{\rho_{AC}\,\sigma_A\,\sigma_C} \\ \boldsymbol{\rho_{AB}\,\sigma_A\,\sigma_B} & \boldsymbol{\sigma_B^2} & \boldsymbol{\rho_{BC}\,\sigma_B\,\sigma_C} \\ \boldsymbol{\rho_{AC}\,\sigma_A\,\sigma_C} & \boldsymbol{\rho_{BC}\,\sigma_B\,\sigma_C} & \boldsymbol{\sigma_C^2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{W_A} \\ \mathbf{W_B} \\ \mathbf{W_C} \end{bmatrix} = \boldsymbol{\sigma^2} \quad (1.13)$$

Los rendimientos de este portafolio se calculan a partir del vector de rendimientos:

$$\boldsymbol{\mu p} = [\mathbf{W_A}\ \boldsymbol{\mu_A},\quad \mathbf{W_B}\boldsymbol{\mu_B},\quad \mathbf{W_C}\,\boldsymbol{\mu_C}] \quad (1.14)$$

El inversionista quiere generar el mayor nivel de utilidad, para lo cual, podrá elegir entre todas las combinaciones eficientes representadas en la curva de oportunidad de inversión, basándose en el principio de que el riesgo está directamente relacionado con el rendimiento esperado.

2.7. Índice de Sharpe

Este índice es usado en la valoración de fondos de inversión. Fue formulado por Sharpe en 1996 y es una extensión de la teoría de selección de portafolios, más concretamente en el modelo de valoración de activos financieros (CAPM), el cual indica los portafolios óptimos en la línea de mercado de capitales.

$$\boldsymbol{S} = \frac{\mathbf{R_p} - \boldsymbol{R_f}}{\boldsymbol{\sigma_P}} \quad (1.15)$$

Donde$\boldsymbol{R_f}$ es el activo libre de riesgo, $\mathbf{R_p}$ es el rendimiento esperado del fondo y $\boldsymbol{\sigma_P}$ es la volatilidad del fondo

Esto mide la eficiencia de los excesos de retorno sobre el nivel de riesgo.

3. Metodología

Este trabajo se abordó con el objetivo de determinar la eficiencia en la construcción de los ETFs a través de la mejora en el proceso de optimización de cuatro (4) portafolios en Colombia (Icol), México (Flmx), Brasil (Fblr) y Estados Unidos (Usmv) y las acciones que los componen, se calcularon los rendimientos y luego se obtuvieron los parámetros para hacer los pronósticos mediante el Movimiento Geométrico Browniano (MGB).

Se escogieron ETFs en Estados Unidos (Usmv) que tuvieran sectores comunes a los ETFs latinoamericanos (Icol, Flmx y Flbr) para comparar sus rendimientos

Las series de valores fueron tomadas de la herramienta Economática, en USD, con frecuencia diaria, considerando sólo los días hábiles de cotización en una ventana de tiempo entre el 28 de noviembre de 2018 y el 29 de noviembre de 2019, usando los datos históricos se genera una proyección a un (1) mes para analizar la tendencia, rentabilidad y riesgo de cada uno de los ETFs. Los resultados de los pronósticos se obtuvieron por medio de los rendimientos de los precios, siguiendo un proceso de distribución normal para calcular el valor esperado de cada uno de los instrumentos financieros de los ETFs.

Se utiliza el Movimiento Geométrico Browniano en el proceso de pronosticar los precios usando las ecuaciones (1.7), (1.8) ,(1.9) y (1,10) , lo anterior determina la rentabilidad y la volatilidad de las acciones que componen cada ETF y su índice , lo cual supone que se puede modelar el comportamiento de cualquier activo financiero o su subyacente en términos estocásticos.

Para validar los pronósticos se aplicó el estadístico RMSE a través de la ecuación (1.11) que permite comparar el proceso de simulación con los datos observados y confirmar la viabilidad de las proyecciones (precisión de pronóstico), buscando que este estadístico se acerque a cero (0). Teniendo en cuenta el valor obtenido para el estadístico RSME fue cercano a cero (0) e inferior a la desviación estándar, se encuentra que la representación de los rendimientos es apropiada para continuar el análisis.

El objetivo de este trabajo es encontrar un portafolio que supere la eficiencia en términos de rendimiento esperado y riesgo, respecto a los ETFs usando la misma composición accionaria, pero modificando su ponderación, de acuerdo con los resultados obtenidos del proceso de optimización usando el modelo de Markowitz y los pronósticos de los rendimientos.

La volatilidad del portafolio se calcula mediante un proceso matricial en donde se multiplican los vectores de los pesos y la matriz de varianza y covarianza para obtener el riesgo del portafolio a partir de la raíz cuadrada de ese resultado. El rendimiento del portafolio se obtiene con un producto cruzado entre un vector de rendimientos y un vector de pesos.

A partir de la volatilidad y el rendimiento del portafolio, se crean portafolios eficientes en los ETF, ponderando cada una de las acciones dentro de una canasta de inversión, en la que se generan diferentes niveles de riesgo, que permite escoger el mejor portafolio para compararlo con los resultados de los rendimientos reales de los ETF.

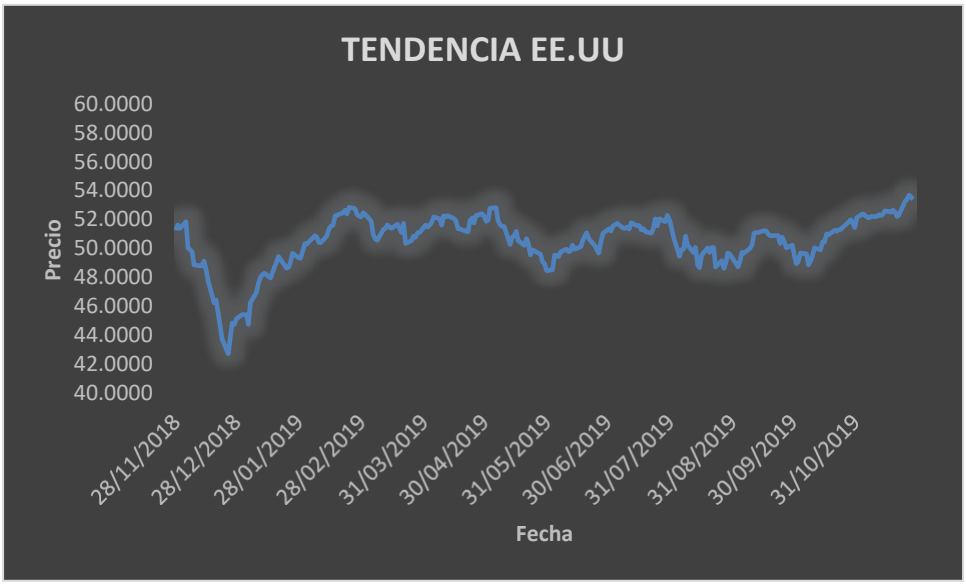
Por último, se utilizó el índice de Sharpe para valorar los fondos de inversión con la fórmula (1.15) contrastando todos los portafolios generados con datos históricos y datos proyectados, incluyendo los creados en los ETFs.

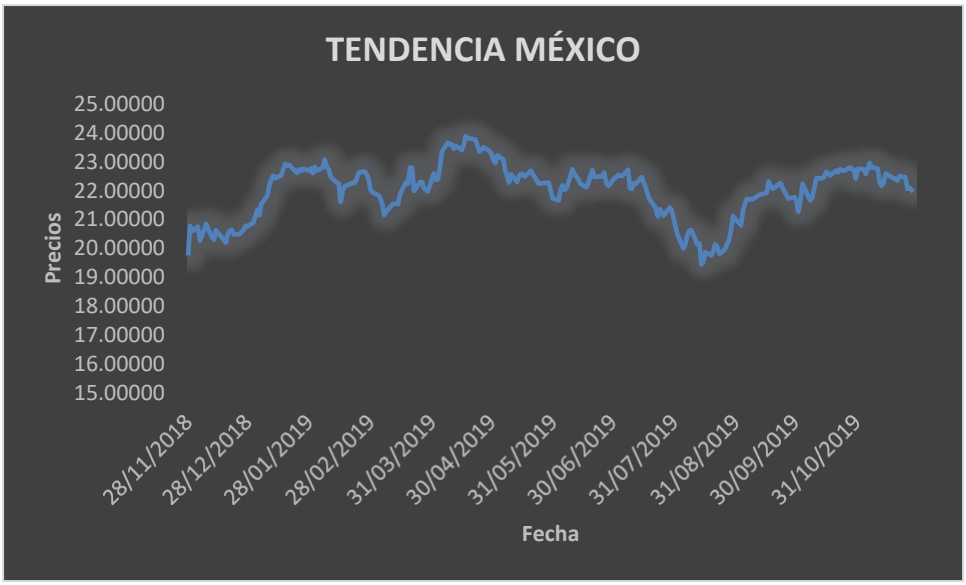
4. Capítulos de resultados

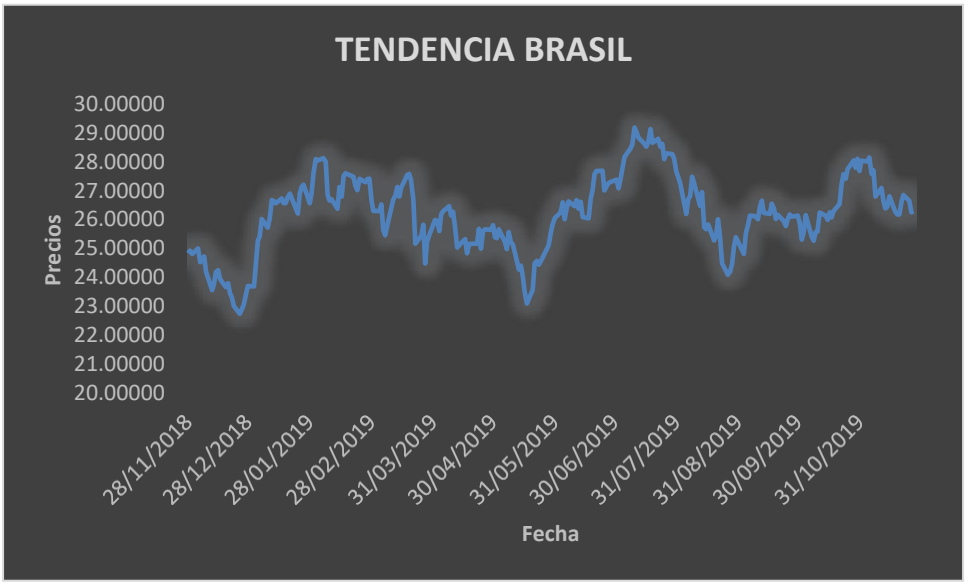
Se evaluó la eficiencia entre los portafolios construidos utilizando datos históricos y los generados a partir del proceso de pronósticos, basado en la construcción de ETFs en Colombia, México, Brasil y EE.UU. Los datos corresponden al período entre el 28 de noviembre del 2018 y el 29 de noviembre del 2019 y tienen una periodicidad diaria. Se estudió el comportamiento de cada uno de los ETFs y se generaron las proyecciones a un (1) mes para analizar la tendencia, rentabilidad y riesgo de cada uno de los ETFs. Una vez obtenidos los rendimientos, se generaron los portafolios óptimos.

4.1 Análisis de los ETFs

Gráfico 1. Tendencia de los índices de inversión a partir de los datos históricos







Fuente: Generación de tendencias de los ETFs a partir de datos de Economatica.

En el Gráfico 1, se observan los precios de los datos históricos de las canastas de inversión, se puede concluir que el ETF de EE. UU tienden al alza, donde los precios de los portafolios superan los valores máximos en diferentes puntos de tiempo, lo que se entiende que su rentabilidad es buena y pueden ser los mejores para invertir.

Por otro lado, los ETFs de Brasil y México, tienen tendencia a la baja mientras Colombia se mantiene constante y se espera que tienda al alza

Tabla 2. ETFs a partir de datos históricos para inversión individual o total

Se estima a través de los rendimientos de los datos históricos de cada uno de los ETFs la rentabilidad y riesgo de sus respectivas acciones y de los ETFs para el siguiente periodo.

ETF COLOMBIA A PARTIR DE DATOS HISTORICOS PARA INVERSION INDIVIDUAL			Inversión total en el ETF
Acciones que componen el ETF	Rentabilidad (Retorno Esperado)	Riesgo (Desviación Estándar)	Rentabilidad
ICOL	1,9797%	4,952%	
NUTRESA	0,4376%	5,74%	2,728%
DAVIVIENDA	4,559%	6,947%	Nivel de Riesgo
GEB	2,267%	5,89%	
PREFE.BANCOLOMBIA	4,3988%	7,05%	0,880%

ETF BRASIL A PARTIR DE DATOS HISTORICOS PARA INVERSION INDIVIDUAL			Inversión total en el ETF
Acciones que componen el ETF	Rentabilidad (Retorno Esperado)	Riesgo (Desviación Estándar)	Rentabilidad
FBLR	1,13971%	7,50%	
ABEV	-0,3747%	8,93%	-0,0973%
FBRA	0,8019%	12,18%	Nivel de Riesgo
FBR	0,5619%	10,94%	
ITUB	-2,615%	8,73%	1,874%

ETF MEXICO A PARTIR DE DATOS HISTORICOS PARA INVERSION INDIVIDUAL			Inversión total en el ETF
Acciones que componen el ETF	Rentabilidad (Retorno Esperado)	Riesgo (Desviación Estándar)	Rentabilidad

FLMX	2,116%	5,32%	
BIMBOA	-2,346%	6,671%	-0,2403%
FEMSAUBD	1,3675%	5,71%	Nivel de Riesgo
CEMEXCPO	-5,71%	9,992%	
AMXL	3,373%	7,959%	1,895%

ETF USA A PARTIR DE DATOS HISTORICOS PARA INVERSION INDIVIDUAL			Inversión total en el ETF
Acciones que componen el ETF	Rentabilidad (Retorno Esperado)	Riesgo (Desviación Estándar)	Rentabilidad
USMV	0,818%	4,63%	
NEM	3%	10,56%	3,509%
NEE	5,45%	6,342%	Nivel de Riesgo
V	5,325%	10,98%	
PEP	2,7%	6,44%	2,816%

Fuente: Cálculos propios con datos de Economatica.

En las anteriores tablas evidenciamos el pronóstico para el siguiente mes de la rentabilidad y riesgo de cada una de las acciones si se quisiera generar una inversión individual lo cual es permitido en los ETFs y también si se decidiese una inversión total en los ETFs , evidenciándose cuanto rentaría y a qué nivel de riesgo, se refleja a fin de ser comparada con las proyecciones que se estimaron con el MGB con la misma periodicidad

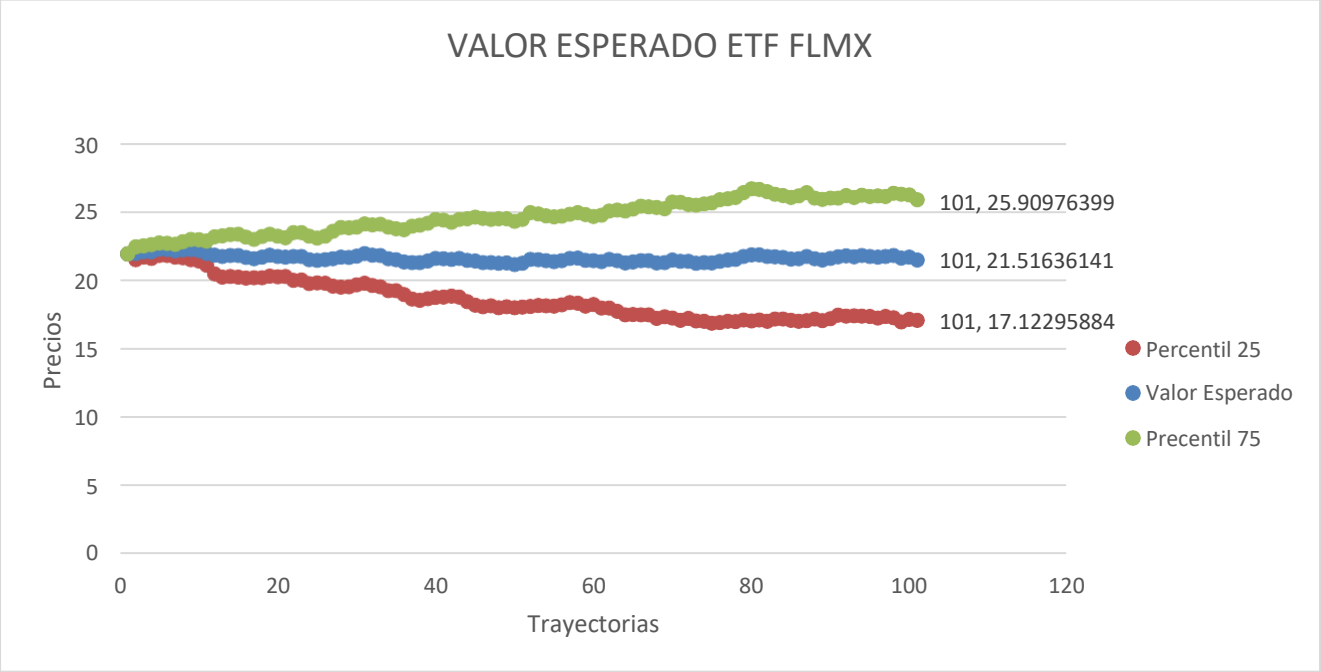
4.2 Pronóstico de precios

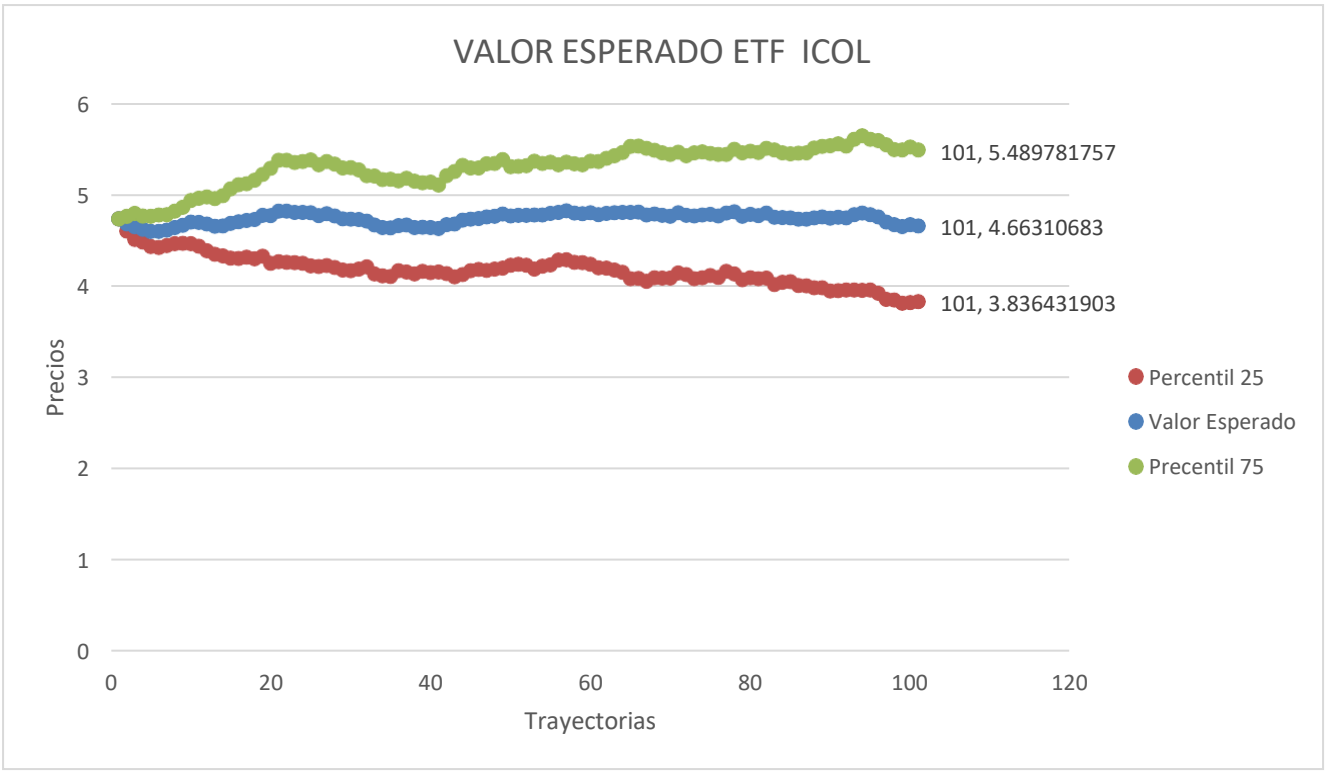
Se pronostican los precios a través de los Movimientos Geométricos Brownianos (MGB) hallando el valor futuro del precio de la acción tomando el último precio registrado en la fecha del 29 de noviembre de 2019, como se proyecta a un mes se utiliza la tendencia y volatilidad mensual para hallar el valor futuro a través de cada uno de los valores aleatorios que se generaron en el MB con el fin de seguir el proceso estocástico.

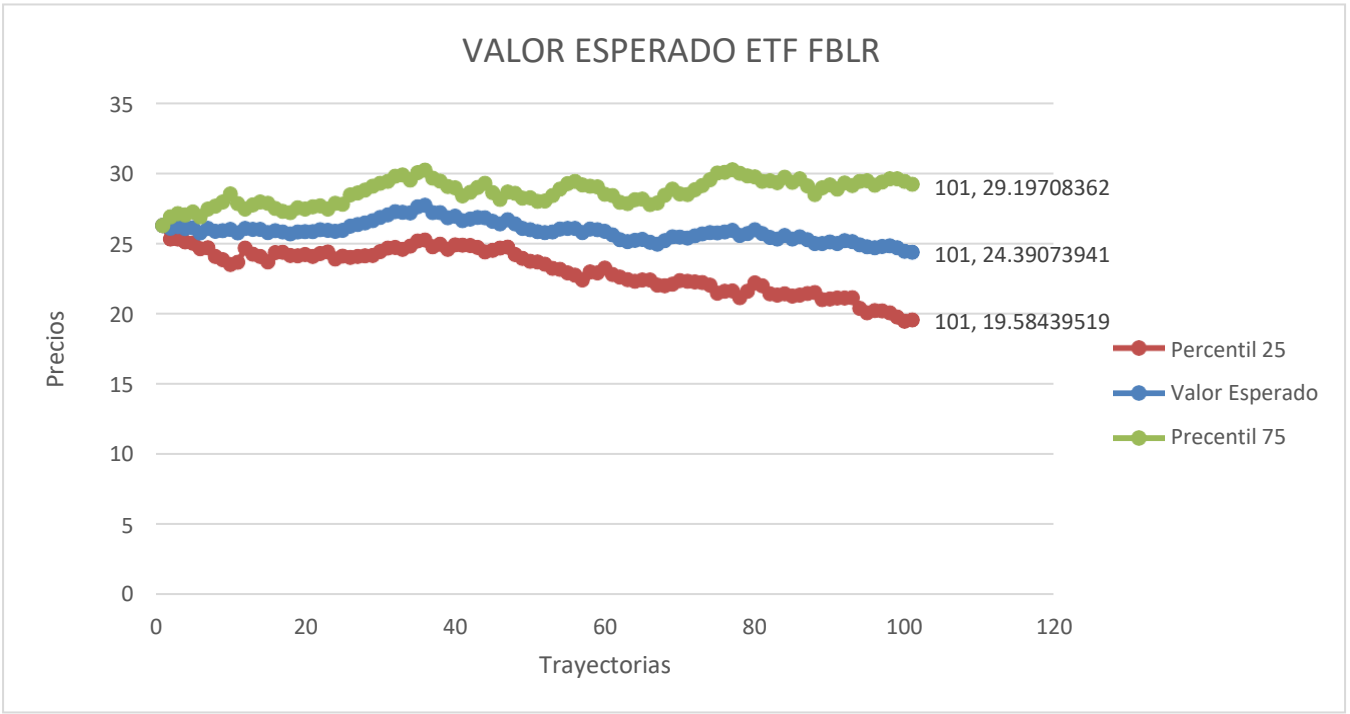
Obtenemos el valor esperado y desviación estándar a través de los rendimientos, esto nos da como resultado los pronósticos de los precios y la volatilidad para cada una de las acciones que componen los ETFs.

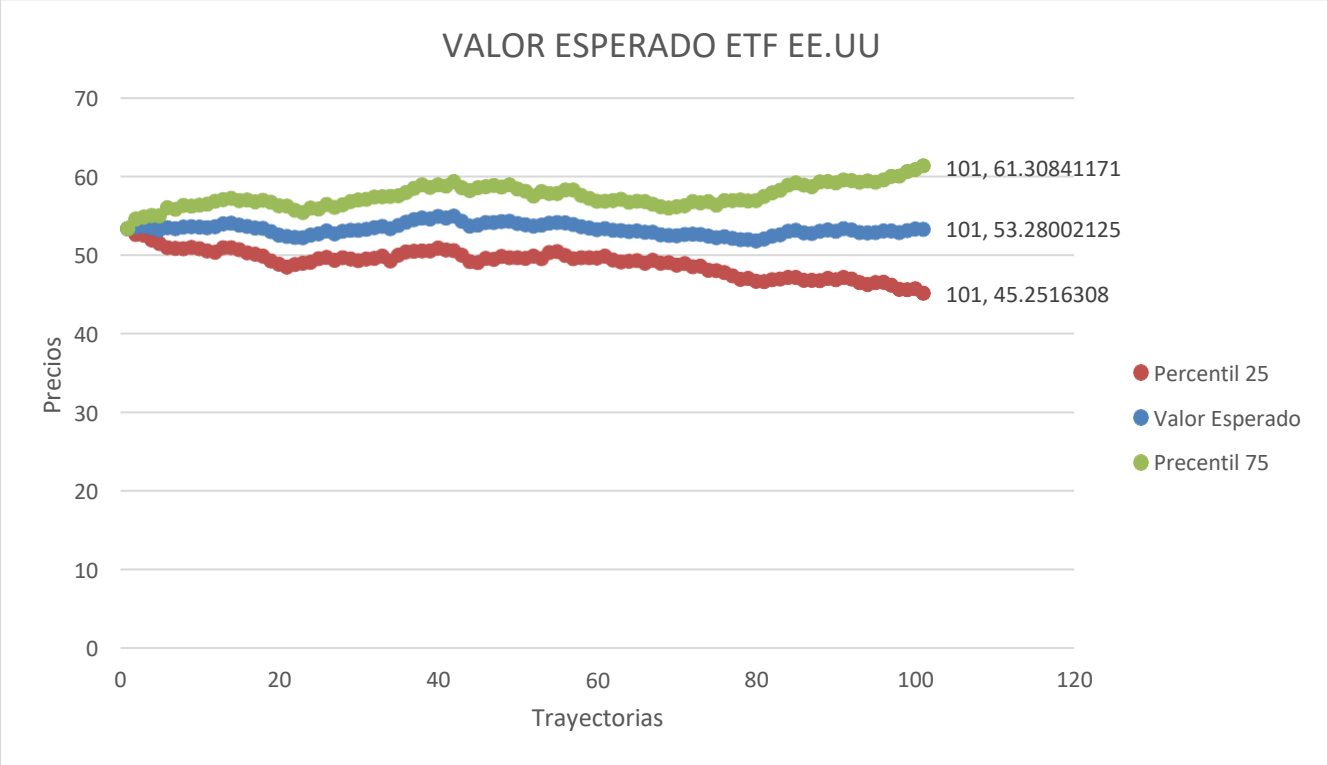
Los procesos estocásticos que conlleva la propiedad de la martingala que determina el valor esperado futuro de los ETFs se evidencia en los siguientes gráficos.

Gráfico 2. Valor esperado




VALOR ESPERADO ETF ICOL
Precios
Trayectorias
0
1
2
3
4
5
6
0
20
40
60
80
100
120
101, 5.489781757
101, 4.66310683
101, 3.836431903
Percentil 25
Valor Esperado
Precentil 75


VALOR ESPERADO ETF FBLR
Precios
Trayectorias
0
5
10
15
20
25
30
35
0
20
40
60
80
100
120
101, 29.19708362
101, 24.39073941
101, 19.58439519
Percentil 25
Valor Esperado
Precentil 75



Fuente: Generación propia de valor esperado a partir de datos de Economatica.

El valor esperado se representa desde el periodo inicial pasando por periodos futuros, para este se calculan los rendimientos a través de 100 trayectorias, el escenario que se evidencia en los ETFs FBLR, FLMX, USMV Y ICOL son una supermartingala[6] lo que significa que todos los valores esperados están por debajo del valor presente ,cabe resaltar que en el ETF FLBR es más notable.

Además, evidenciamos los percentiles 25 y 75 los cuales explican cuanto se alejan los precios por debajo o por encima respectivamente de la media (valor esperado).

[6] Determina el valor esperado de una caminata aleatoria con una filtración $\mathcal{F}_S$ es menor o igual el valor futuro que la caminata aleatoria

Tabla 3. Pronostico MGB

PRONOSTICO ETF COLOMBIA PARA INVERSION INDIVIDUAL		
Acciones que componen el ETF	Rentabilidad (Retorno Esperado)	Riesgo (Desviación Estándar)
ICOL	2,92%	16,78%
NUTRESA	7,250%	24,522%
DAVIVIENDA	-2,4%	20,7%
GEB	16,241%	34,407%
PREFE.BANCOLOMBIA	14,527%	42,738%

PRONOSTICO ETF BRASIL PARA INVERSION INDIVIDUAL		
Acciones que componen el ETF	Rentabilidad (Retorno Esperado)	Riesgo (Desviación Estándar)
FBLR	6,036%	30,342%
ABEV	8,119%	29,835%
FBRA	1,474%	34,297%
FBR	10,819%	39,326%
ITUB	9,1001%	31,418%

PRONOSTICO ETF MEXICO PARA INVERSION INDIVIDUAL		
Acciones que componen el ETF	Rentabilidad (Retorno Esperado)	Riesgo (Desviación Estándar)
FLMX	5,369%	24,193%
BIMBOA	11,828%	35,454%
FEMSAUBD	1,509%	17,034%
CEMEXCPO	4,88%	36,23%
AMXL	10,99%	36,32%

PRONOSTICO ETF USA PARA INVERSION INDIVIDUAL		
Acciones que componen el ETF	Rentabilidad (Retorno Esperado)	Riesgo (Desviación Estándar)
USMV	12,436%	24,979%

NEM	-4,588%	23,922%
NEE	3,974%	17,657%
V	3,757%	30,051%
PEP	2,440%	17,030%

Fuente: Cálculos propios a partir de datos Economatica.

En las tablas anteriores se evidencia cual fue el resultado de los pronósticos por medio del MGB para el siguiente mes y se visibiliza el retorno esperado (rendimiento) y desviación estándar (riesgo) para invertir de manera individual en cada una de las acciones que lo componen.

Por medio de la volatilidad se mide la incertidumbre de los ETFs cuando se invierten en ellos. Desde la visión del inversionista hablar de ETFs volátiles suele significar que están sujetos a violentas fluctuaciones, a grandes cambios que pueden tender al alza o a la baja.

Tabla 4. Estadístico RSME

ESTADISTICO RMSE ETF BRASIL		
INDICE/ACCION	RMSE	DESVIACION ESTANDAR
FBLR	0,4296680	1,3155104
ABEV	0,0901654	0,2975529
ITUB	0,1692164	0,6510651
FBR	0,3325862	1,0731786
FBRA	0,3209742	0,9438941

ESTADISTICO RMSE ETF COLOMBIA		
INDICE/ACCION	RMSE	DESVIACION ESTANDAR
ICOL	0,2535621	0,745502876
DAVIVIENDA	0,7711382	1,791047802
GEB	0,0674041	0,761985376
NUTRESA	0,4377154	1,158049924
BANCOLOMBIA	0,6616007	1,86995292

ESTADISTICO RSME ETF MÉXICO		
INDICE/ACCION	RMSE	DESVIACION ESTANDAR
FMLX	0,8874055	2,7043748
AMLX	0,0123182	0,0394534
BIMBOA	0,0337744	0,1430806
CEMEXCPO	0,0096993	0,0627813
FEMSUAMD	0,1135116	0,4114607

ESTADISTICO RSME ETF EE.UU		
INDICE/ACCION	RMSE	DESVIACION ESTANDAR
USMV	0,49378406	1,77875775
NEE	1,95286811	19,62611781
NEM	0,58703264	2,84946442
PEP	1,29011907	9,44191372
V	2,07308312	16,59528690

	INDICE DEL ETF
	ACCIONES QUE COMPONEN EL INDICE

Fuente: Cálculos propios a partir de datos de Economatica.

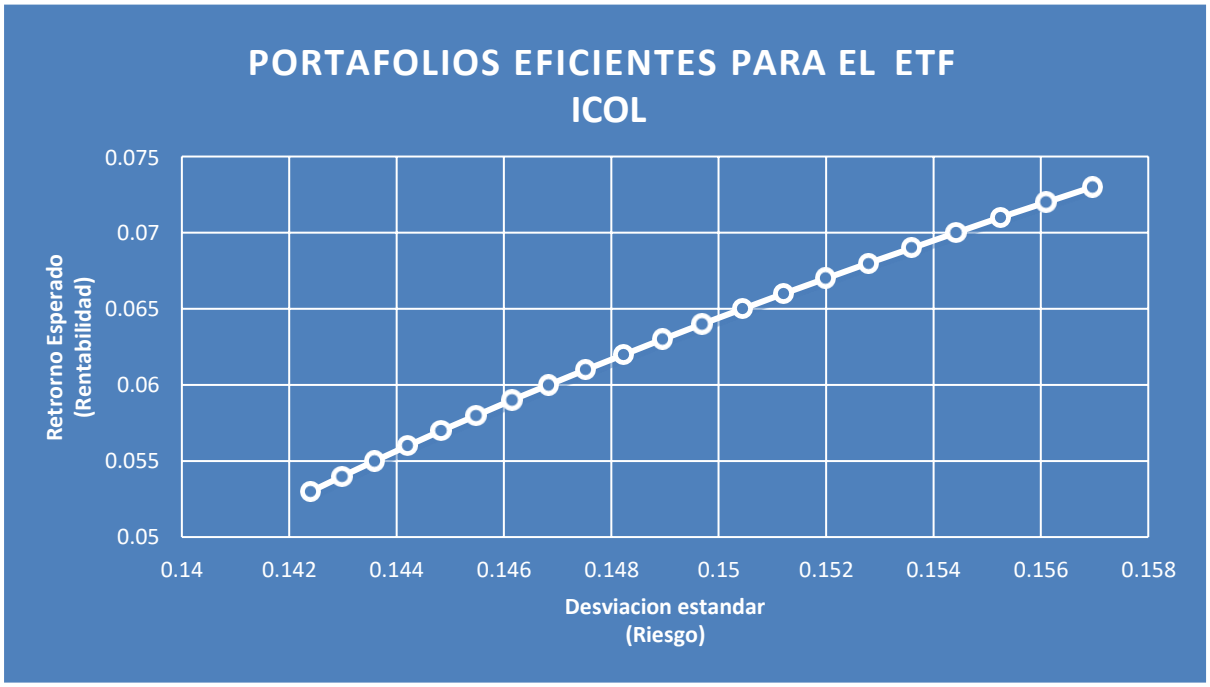
Las tablas anteriores evalúan la precisión de pronóstico se puede observar que los resultados de los pronósticos del MGB son confiables. Usando el estadístico y comparándolo con la desviación estándar .

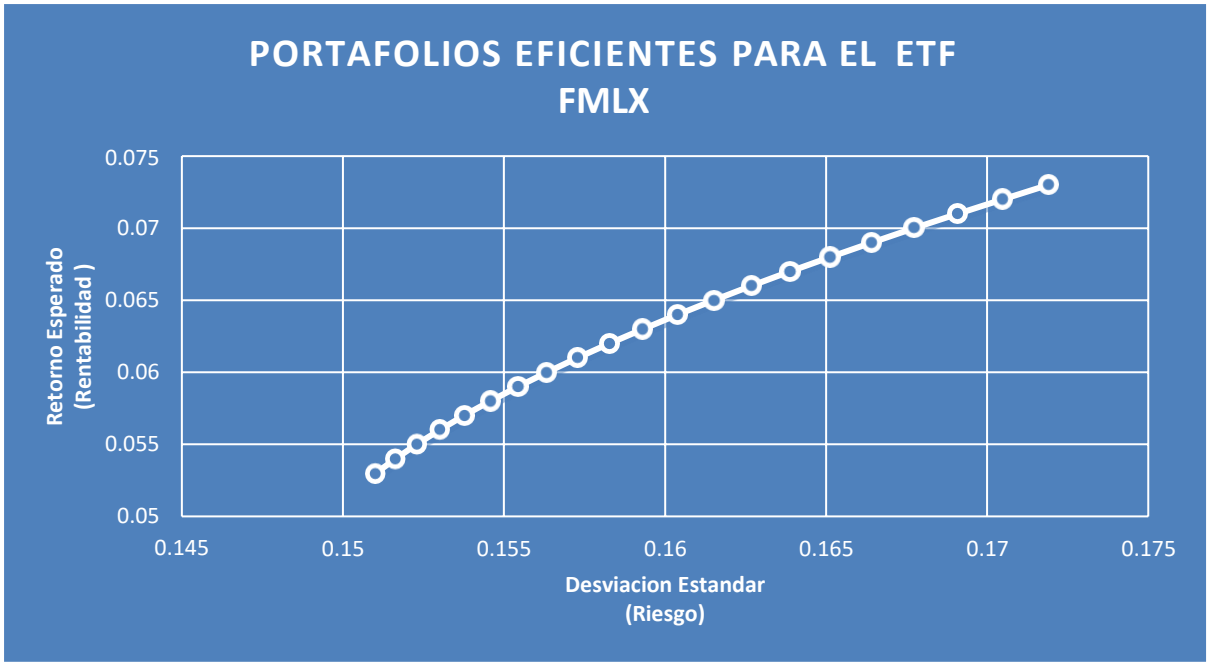
Se puede ver que los errores son aceptables y la implementación del modelo para el proceso de optimización es viable.

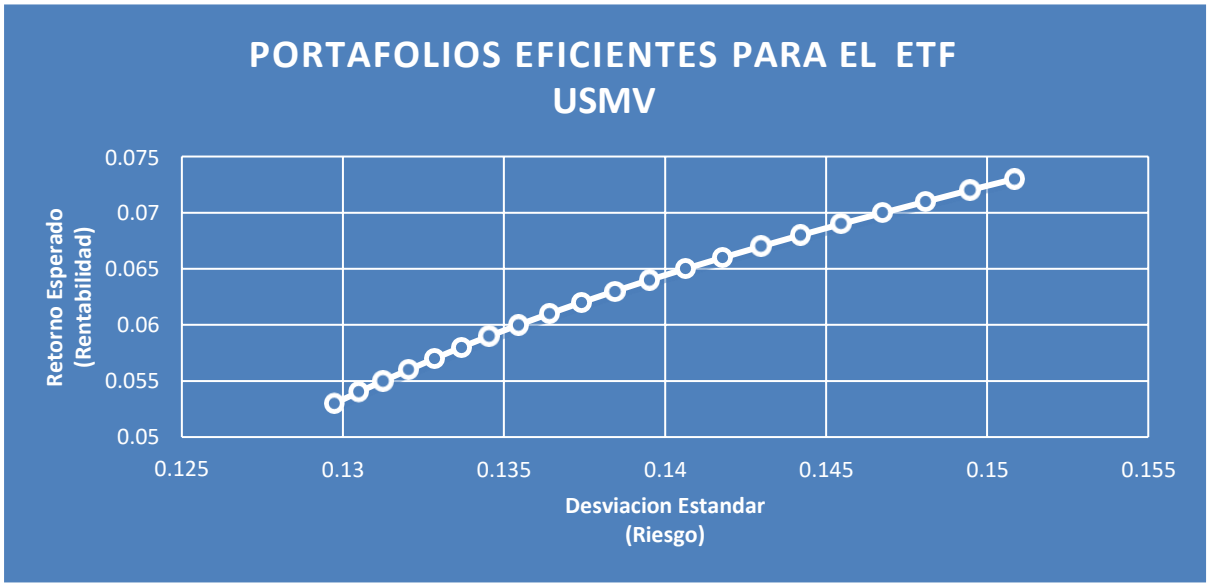
4.3 Aplicación del teorema de formación de portafolios (Modelo de Markowitz).

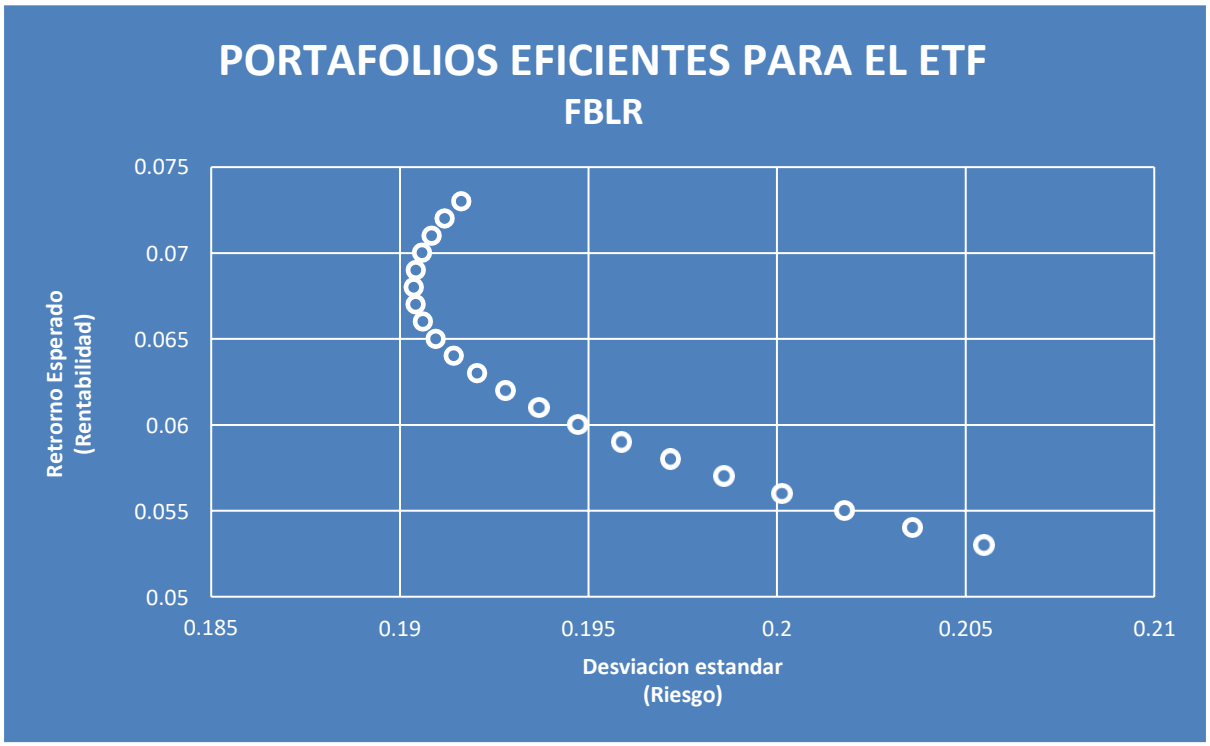
Con el fin de generar portafolios óptimos, los cuales se obtienen a través de la teoría de portafolios en las que se buscó optimizar el portafolio de tal forma que se genere el mayor nivel de rentabilidad posible, se presentan los siguientes escenarios:

Gráfico 3. Portafolios eficientes para los ETFs




PORTAFOLIOS EFICIENTES PARA EL ETF FMLX
Retorno Esperado (Rentabilidad)
0.075
0.07
0.065
0.06
0.055
0.05
0.145
0.15
0.155
0.16
0.165
0.17
0.175
Desviacion Estandar (Riesgo)


PORTAFOLIOS EFICIENTES PARA EL ETF USMV
Retorno Esperado (Rentabilidad)
0.075
0.07
0.065
0.06
0.055
0.05
0.125
0.13
0.135
0.14
0.145
0.15
0.155
Desviacion Estandar (Riesgo)



Fuente: Elaboración propia de portafolios eficientes de los ETFs a partir de datos de Economatica.

Las gráficas representan la combinación de portafolios eficientes en las que se observan portafolios eficientes entre un nivel de rendimientos del 5,30% hasta el 7,30% a un nivel de riesgo determinado que está entre un 14% y un 20%, esta relación nos muestra 20 puntos eficientes junto sus diferentes ponderaciones para invertir en cada uno de los ETF (ver anexo1).

Entre los cuales pueden decidir los inversionistas, sin importar el punto que escoja en la gráfica se conocerá la ponderación y sus respectivos pesos para invertir en cada una de las acciones que componen el ETF para lograr así el rendimiento y riesgo esperado partiendo del principio de que a mayor riesgo mayor ganancia.

En la última gráfica, de portafolios eficientes para el ETF FLBR puede llegar a ser atractivo para inversionistas con alta aversión al riesgo ya que para generar rentabilidades entre el 5,30% y 7,30% , existe un riesgo entre el 19,1% y el 20,5%, siendo más alto el riesgo para bajas rentabilidades que para las altas como lo indica el principio.

Se sugiere para el inversionista tomar la decisión de inversión basada en un activo libre de riesgo el cual puede llegar a ser más rentable y menos riesgoso mientras el ETF presenta un rebote técnico[7], un efecto en el cual después de unas bajadas pronunciadas por la caída de la rentabilidad vuelve a subir y dependiendo del comportamiento del índice la rentabilidad puede volver a caer por culpa de dicho comportamiento, esperando que después de esta situación se reestablezca el principio de que a mayor riesgo mayor ganancia generándose portafolios eficientes sin importar el nivel de aversión al riesgo del inversionista.

Tabla 5. Portafolios óptimos de inversión en los ETF

PORTAFOLIO ÓPTIMO DE INVERSIÓN EN EL ETF ICOL		
Acciones que componen el ETF	Porcentaje de inversión	Rentabilidad (Retorno Esperado)
ICOL	45,2%	
NUTRESA	30,3%	7,30%
DAVIVIENDA	0,0%	Riesgo (Desviación Estándar)
GEB	13,0%	
PREFE.BANCOLOMBIA	11,5%	15,70%
TOTAL, DE INVERSION	100,0%	

PORTAFOLIO ÓPTIMO DE INVERSIÓN EN EL ETF FLBR		
Acciones que componen el ETF	Porcentaje de inversión	Rentabilidad (Retorno Esperado)
FBLR	23,9%	
ABEV	32,7%	7,30%
FBRA	10,6%	Riesgo (Desviación Estándar)
FBR	3,6%	
ITUB	29,1%	19,16%
TOTAL, DE INVERSION	100,0%	

[7] Cuando un activo financiero baja pronunciadamente por el efecto de la caída el precio vuelve a subir paulatinamente pero luego vuelve a caer

PORTAFOLIO ÓPTIMO DE INVERSIÓN EN EL ETF FLMX		
Acciones que componen el ETF	Porcentaje de inversión	Rentabilidad (Retorno Esperado)
FLMX	26,5%	
BIMBOA	25,9%	7,30%
FEMSAUBD	25,5%	Riesgo (Desviación Estándar)
CEMEXCPO	0,0%	
AMXL	22,1%	17,19%
TOTAL, DE INVERSION	100,0%	

PORTAFOLIO ÓPTIMO DE INVERSIÓN EN EL ETF USMV		
Acciones que componen el ETF	Porcentaje de inversión	Rentabilidad (Retorno Esperado)
USMV	44,2%	
NEM	0,0%	7,30%
NEE	29,0%	Riesgo (Desviación Estándar)
V	0,0%	
PEP	26,9%	15,09%
TOTAL, DE INVERSION	100,0%	

Fuente: Cálculos propios s partir de datos de Economatica.

Las anteriores tablas dan evidencia de portafolios óptimos para cada ETF, estas se dividen en tres columnas, inicialmente las acciones que lo componen seguido del porcentaje ponderado que se debe invertir por cada una de las acciones a fin de generar una inversión total del 100% con una rentabilidad y un nivel de riesgo indicado en la última columna.

Se observa el portafolio óptimo de inversión de cada uno de los ETFs, como resultado la ponderación de cada una de las acciones que los componen, en la cual el inversionista obtiene la relación rentabilidad-riesgo más optima, este lo único que debe hacer es invertir el resultado indicado en la columna porcentaje de inversión para cada una de las acciones que componen el ETF como se muestra explícitamente en las anteriores tablas.

Aunque las ponderaciones de la tabla 5 no son las únicas, se puede generar portafolios eficientes que fueron creados con el fin de que el perfil del inversionista se ajuste a cada una de ellas y pueda tomar una decisión encontrando la que para él sea más eficaz; la cual se refleja sobre la curva de oportunidad de inversión (Grafico 2.) dependiendo de su nivel de rendimiento esperado y su aversión al riesgo. (ver anexo 1) todo esto con el fin de generar combinaciones eficientes para todo tipo de inversionista.

Se determina el ETF USMV como el más eficiente comparado entre todos puesto que a un mismo nivel de rentabilidad (7,30%) ofrece el nivel de riesgo más bajo (15,09%).

Tabla 6. Determinación de eficiencia de los ETFs.

Para cuantificar en términos de calidad un fondo de inversión y para medir en que magnitud mejora el proceso de optimización de los productos ETFs, evaluados bajo pronóstico en las series de tiempo se utiliza el Índice de Sharpe aquel que compara los portafolios óptimos y los evaluados a partir de datos históricos determinando si es mayor o menor la eficiencia en la construcción de los ETFs.

PORTAFOLIOS OPTIMOS VS PORTAFOLIOS EVALUADOS A PARTIR DE DATOS HISTORICOS			
PORTAFOLIOS EFICIENTES	Rentabilidad	Riesgo	Índice Sharpe
PRONOSTICO ETF COLOMBIA	7,30%	15,70 %	0,44203
PRONOSTICO ETF BRASIL	7,30%	19,16 %	0,362793
PRONOSTICO ETF MEXICO	7,30%	17,19 %	0,39177
PRONOSTICO ETF USA	7,30%	15,09 %	0,48389

PORTAFOLIOS EVALUADOS A PARTIR DE DATOS HISTORICOS	Rentabilidad	Riesgo	Índice Sharpe
ETF COLOMBIA	2,728%	0,880 %	2,688
ETF BRASIL	-0,097%	1,874 %	-0,237
ETF MEXICO	-0,2403%	1,895 %	-0,425
ETF USA	3,509%	2,816 %	1,246

Fuente: Cálculos propios a partir datos de Economatica.

En la tabla 6 se compara los ETFs eficientes y los pronosticados a partir de datos históricos en los que se visibiliza que a partir de las proyecciones con el MGB y su optimización mediante el modelo de Markowitz genera una rentabilidad mayor y un incremento del riesgo, debido a que su medición suele ser más efectiva por medio de las proyecciones a través de procesos de pronostico. Se observa que para Brasil y México el índice de Sharpe evalúa la magnitud del rendimiento de una manera más efectiva debido a que estos índices vienen con unos rendimientos negativos lo cual expresa que no están rentando y nos da evidencia a un mes de como mejoraran estos ETFs, cabe aclarar que para Brasil es eficiente para aquel inversionista que maneje una alta aversión al riesgo.

Su eficiencia en la construcción significa que es mejor la rentabilidad de estos fondos proyectados con relación a la cantidad de riesgo que se toma en la inversión comparados con el uso de datos históricos, ya que, evidencia que la valoración de la calidad del fondo viene siendo negativa lo cual indica que la rentabilidad de la inversión ha sido menor a la rentabilidad de un activo sin riesgo, esto quiere decir que si nos basáramos en los datos históricos sería más rentable invertir en estos dos países el dinero en un activo libre de riesgo que invertir en estos fondos.

Por otra parte, aunque el índice de Sharpe nos indica para Estados Unidos y Colombia que en calidad de portafolios no son mejores los proyectados que los históricos debido a que estos han

presentado unos excesos de rentabilidad a un nivel de riesgo mayor durante el periodo de tiempo analizado, suponemos que en el uso de datos históricos el riesgo se subvalora.

Lo anterior no nos da una interpretación inequívoca del resultado por lo tanto se dice que los procesos de pronósticos suelen ser más acertados generando mayor confianza en la determinación de eficiencia en la construcción de estos ETFs debido a que la rentabilidad y el riesgo están medidos en términos futuros y no basados en el uso de datos históricos haciendo más acertado el resultado

Cabe resaltar que es mejor la rentabilidad de los fondos proyectados en relación con la cantidad de riesgo que se ha tomado para invertir en los ETFs, destacando que en las proyecciones el retorno esperado para todos los ETFs es de un 7.30% debido a que a este nivel de rentabilidad se evidencio el mejor índice de Sharpe para cada uno de los portafolios.

5. Conclusiones y recomendaciones

El análisis de esta investigación se basa en usar los rendimientos para pronosticar los precios a fin de hacer un portafolio óptimo y luego compararlo con un portafolio hecho a partir de datos históricos, determinando una mayor eficiencia en los portafolios óptimos en cuanto a rentabilidad. Se concluye que se pudo determinar la eficiencia en la construcción de los ETFs para Estados Unidos, México y Brasil.

Para Estados Unidos se determina el ETF USMV como el más eficiente comparado entre todos los ETFs proyectados a través de procesos de pronóstico, puesto que a un mismo nivel de rentabilidad (7,30%) ofrece el nivel de riesgo más bajo (15,09%).

Para Brasil se determinar eficiente el ETF FLBR el cual puede llegar a ser atractivo para inversionistas con alta aversión al riesgo ya que para generar rentabilidades entre el 5,30% y 7,30% existe un riesgo entre el 19,1% y el 20,5%.

Este ETF es eficiente comparado entre la rentabilidad que ofrece la proyección y los datos históricos además se evaluó bajo el Índice de Sharpe el cual indica para las proyecciones el 0,362793 mientras que para el mismo ETF evaluado a partir de datos históricos es de -0,237332, determinando que el portafolio es óptimo y eficiente pero solo se adapta para un inversionista con alta aversión al riesgo debido a lo que presenta el ETF en los portafolios eficientes.

De igual manera es eficiente el ETF FLMX de México, entre las rentabilidades y el índice de Sharpe es mejor las proyecciones comparado con los datos históricos, lo cual determina el óptimo del portafolio y ofrece una rentabilidad positiva para el inversionista entre 5,30% y el 7,30%.

Se puede evidenciar que usando datos históricos el riesgo se puede subvalorar ya que a mayor horizonte de tiempo la desviación estándar tiende a aumentar algo que se refleja en el pronóstico realizado a través MGB.

El estadístico RMSE sirve como complemento del análisis financiero, el cual respalda que los resultados obtenidos de las proyecciones realizadas demuestran que a través del MGB presenta resultados confiables y se puede utilizar como una buena alternativa de análisis.

Con el fin de generar una mejor estimación para los ETFs, es fundamental que el número de simulaciones en los modelos y procesos sea significativo, puesto que a mayor nivel de simulaciones será mayor la convergencia de datos generando un sesgo y un resultado más acertado con lo cual no variarían tanto los datos y se pudiera haber mejorado aún más los 4 ETFs y no solamente 2 como sucedió en comparación con los datos históricos, lo cual como estrategia de investigación pudo no ser válida en la totalidad de los ETFs en términos del experimento realizado.

Este trabajo determino la eficiencia en la construcción de los ETFs, evaluados a través de procesos de pronóstico en la series de tiempo, se llevó a cabo a través del uso del MGB a fin de maximizar oportunidades respecto a la rentabilidad y minimizar riesgos, generando una mejor ponderación para cada ETF mediante la optimización de cada uno de los portafolios, medido a través del índice Sharpe que comparo la mejora en los procesos de optimización evaluados bajo pronostico en las series de tiempo y los datos históricos determinando la eficiencia en la construcción de los ETFs.

6. Referencias bibliográficas

Bibliografía

Ariza, C. (2012). MILA: LA OPORTUNIDAD PARA INVERTIR EN UN ETF. *Revista de Investigaciones de la Escuela de Administración y Mercadotecnia del Quindío*.

Bauer, H. (1981). *Probability Theory and Elements of Measure Theory.* Londres: Academic Press.

Bedoya. (2009). *Gestión de portafolios.Una mirada crítica más allá de Markowitz.* Medellin: AD-minister. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/3223/322327246008.pdf

Hernandez. (2016). *Movimiento Browniano vs. Movimiento Browniano Fractal: simulación de portafolio tipo en Esquema Multifondos.* Obtenido de http://www.bdigital.unal.edu.co/52474/1/violetamargaritahernandezmartinez.2016.pdf

Llinas, H. (2014). *Introduccion a la teoria de la probabilidad.* Barranquilla: Ecoe Ediciones - Universidad del Norte.

LLP, E. &. (1997). Outline for a business plan. HBR.

Markowitz, H. (1952). Portfolio selection. *The Journal Finance*, 7.

Mordecki, P. (2003). *Teoría de probabilidades.* Moscu.

Press, H. B. (2009). *Crear un plan de negocios.* Santiago de Chile: HBRAL.

Saavedra. (2005). *Aplicación empírica del modelo de Black y Scholes en México:1991-2000.* Mexico: Universidad Nacional Autónoma de México. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/395/39521704.pdf

Shereve. (2004). *Stochastic Calculus For Finance II.* New York.

Sierra. (2015). *Estructuracion de un ETF, atraves de la creacion de un indice bursatil del sector financiero;alternativa de inversion y diversificacion de riesgo.* Obtenido de

http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/1238/00002488.pdf?sequence=1

Silva&Muñoz. (2014). *Estructuracion de ETF de una deuda publica como alternativa de inversion.* Obtenido de http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/1254/00002025.pdf?sequence=1

spuegel, M. R. (1991). *Statistics* (Vol. 2). madrid.

Uz. (2001). *La hipotesis de martingalas en el mercado bursatil Mexicano.* Obtenido de http://aleph.academica.mx/jspui/bitstream/56789/25546/1/17-033-2002-0091.pdf

Venegas, F. (2008). *Riesgos financieros y economicos. Productos derivados y decisiones economicas bajo incertidumbre . Segunda edicion.*

Wilf, H. s. (2005). *Generatingfunctionology* (Vol. tercer edicion).

7. Anexos

Anexo 1: Portafolios Eficientes

ICOL		Rentabilidad	Riesgo	ICOL	NUTRESA	DAVIVIENDA	GEB	PREFE.BANCOLOMBIA
Curva eficiente	0	5,30%	0,14240201	48,6%	27,6%	9,8%	5,4%	8,5%
Curva eficiente	1	5,40%	0,14298598	48,5%	27,8%	9,3%	5,8%	8,6%
Curva eficiente	2	5,50%	0,14358634	48,3%	27,9%	8,8%	6,2%	8,8%
Curva eficiente	3	5,60%	0,14420288	48,2%	28,0%	8,3%	6,6%	8,9%
Curva eficiente	4	5,70%	0,1448354	48,0%	28,2%	7,8%	6,9%	9,1%
Curva eficiente	5	5,80%	0,1454837	47,9%	28,3%	7,3%	7,3%	9,2%
Curva eficiente	6	5,90%	0,14614755	47,7%	28,4%	6,8%	7,7%	9,4%
Curva eficiente	7	6,00%	0,14682675	47,6%	28,6%	6,3%	8,0%	9,5%
Curva eficiente	8	6,10%	0,14752109	47,4%	28,7%	5,8%	8,4%	9,7%
Curva eficiente	9	6,20%	0,14823035	47,3%	28,9%	5,3%	8,8%	9,8%
Curva eficiente	10	6,30%	0,14895433	47,1%	29,0%	4,7%	9,2%	10,0%
Curva eficiente	11	6,40%	0,1496928	47,0%	29,1%	4,2%	9,5%	10,1%
Curva eficiente	12	6,50%	0,15044556	46,8%	29,3%	3,7%	9,9%	10,3%
Curva eficiente	13	6,60%	0,15121238	46,7%	29,4%	3,2%	10,3%	10,4%
Curva eficiente	14	6,70%	0,15199307	46,5%	29,5%	2,7%	10,7%	10,6%
Curva eficiente	15	6,80%	0,1527874	46,4%	29,7%	2,2%	11,0%	10,7%
Curva eficiente	16	6,90%	0,15359516	46,2%	29,8%	1,7%	11,4%	10,9%
Curva eficiente	17	7,00%	0,15441615	46,0%	30,0%	1,2%	11,8%	11,0%
Curva eficiente	18	7,10%	0,15525015	45,9%	30,1%	0,7%	12,1%	11,2%
Curva eficiente	19	7,20%	0,15609696	45,7%	30,2%	0,2%	12,5%	11,3%
Curva eficiente	20	7,30%	0,15695882	45,2%	30,3%	0,0%	13,0%	11,5%

USMV		Rentabilidad	Riesgo	USMV	NEM	NEE	V	PEP
Curva eficiente	0	5,30%	0,12973547	25,1%	2,6%	35,0%	0,0%	37,3%
Curva eficiente	1	5,40%	0,13047894	25,7%	2,1%	35,1%	0,0%	37,2%
Curva eficiente	2	5,50%	0,1312451	26,3%	1,5%	35,1%	0,0%	37,1%
Curva eficiente	3	5,60%	0,13203425	26,9%	1,0%	35,1%	0,0%	36,9%
Curva eficiente	4	5,70%	0,13284597	27,6%	0,5%	35,2%	0,0%	36,8%
Curva eficiente	5	5,80%	0,1336799	28,2%	0,0%	35,2%	0,0%	36,6%
Curva eficiente	6	5,90%	0,13454778	29,3%	0,0%	34,8%	0,0%	35,9%
Curva eficiente	7	6,00%	0,13545914	30,3%	0,0%	34,4%	0,0%	35,3%
Curva eficiente	8	6,10%	0,13641311	31,4%	0,0%	33,9%	0,0%	34,6%
Curva eficiente	9	6,20%	0,13740880	32,5%	0,0%	33,5%	0,0%	34,0%
Curva eficiente	10	6,30%	0,13844533	33,5%	0,0%	33,1%	0,0%	33,3%
Curva eficiente	11	6,40%	0,13952177	34,6%	0,0%	32,7%	0,0%	32,7%
Curva eficiente	12	6,50%	0,14063721	35,7%	0,0%	32,3%	0,0%	32,1%
Curva eficiente	13	6,60%	0,14179073	36,7%	0,0%	31,9%	0,0%	31,4%
Curva eficiente	14	6,70%	0,14298141	37,8%	0,0%	31,5%	0,0%	30,8%
Curva eficiente	15	6,80%	0,14420832	38,9%	0,0%	31,0%	0,0%	30,1%
Curva eficiente	16	6,90%	0,14547056	39,9%	0,0%	30,6%	0,0%	29,5%
Curva eficiente	17	7,00%	0,14676721	41,0%	0,0%	30,2%	0,0%	28,8%
Curva eficiente	18	7,10%	0,14809736	42,0%	0,0%	29,8%	0,0%	28,2%
Curva eficiente	19	7,20%	0,14946012	43,1%	0,0%	29,4%	0,0%	27,5%
Curva eficiente	20	7,30%	0,15085461	44,2%	0,0%	29,0%	0,0%	26,9%

FLMX		Rentabilidad	Riesgo	FLMX	BIMBOA	FEMSAUBD	CEMEXCPO	AMXL
Curva eficiente	0	5,30%	0,15101842	22,4%	15,1%	48,1%	0,0%	14,4%
Curva eficiente	1	5,40%	0,1516328	22,6%	15,7%	47,0%	0,0%	14,8%
Curva eficiente	2	5,50%	0,15229575	22,8%	16,2%	45,8%	0,0%	15,2%
Curva eficiente	3	5,60%	0,1530093	23,0%	16,8%	44,7%	0,0%	15,6%
Curva eficiente	4	5,70%	0,15376989	23,2%	17,3%	43,6%	0,0%	15,9%
Curva eficiente	5	5,80%	0,154579857	23,4%	17,8%	42,4%	0,0%	16,3%
Curva eficiente	6	5,90%	0,1554361	23,6%	18,4%	41,3%	0,0%	16,7%
Curva eficiente	7	6,00%	0,1563377	23,8%	18,9%	40,2%	0,0%	17,1%
Curva eficiente	8	6,10%	0,15728567	24,0%	19,5%	39,1%	0,0%	17,5%
Curva eficiente	9	6,20%	0,15827832	24,2%	20,0%	37,9%	0,0%	17,9%
Curva eficiente	10	6,30%	0,1593148	24,4%	20,5%	36,8%	0,0%	18,2%
Curva eficiente	11	6,40%	0,16039537	24,6%	21,1%	35,7%	0,0%	18,6%
Curva eficiente	12	6,50%	0,16151587	24,8%	21,6%	34,5%	0,0%	19,0%
Curva eficiente	13	6,60%	0,1626799	25,0%	22,2%	33,4%	0,0%	19,4%
Curva eficiente	14	6,70%	0,16388194	25,2%	22,7%	32,3%	0,0%	19,8%
Curva eficiente	15	6,80%	0,16512466	25,4%	23,2%	31,2%	0,0%	20,2%
Curva eficiente	16	6,90%	0,16640599	25,7%	23,8%	30,0%	0,0%	20,6%
Curva eficiente	17	7,00%	0,16772505	25,9%	24,3%	28,9%	0,0%	20,9%
Curva eficiente	18	7,10%	0,16908094	26,1%	24,9%	27,8%	0,0%	21,3%
Curva eficiente	19	7,20%	0,1704728	26,3%	25,4%	26,6%	0,0%	21,7%
Curva eficiente	20	7,30%	0,17189974	26,5%	25,9%	25,5%	0,0%	22,1%

Fuente: Cálculos propios con datos de Economatica.