

Estructuración de un fondo de inversiones en mercado cambiario, basados en la teoría de Markowitz

(Jun2015)

Tutores: Moreno Giovanni¹ y Silva Catalina del Mar²

Autor: Soto Salazar Sandra Milena³

Resumen

El presente paperpretende poner en consideración una opción de diversificación de mercado, que amplíe los horizontes del estudio de los fondos de inversiones en Colombia, dándole un enfoque especulativo a través de la inversión en activos del mercado cambiario.

Su relevancia va ligada al hecho de poder combinar instrumentos financieros y teorías de mercado en un solo portafolio, que brinde opciones aún más rentables que las existentes, para aquellos inversionistas con perfil de riesgo agresivo.

La metodología y modelación en Matlab le permitirán al inversionista ampliar sus perspectivas frente a las herramientas tecnológicas que se pueden utilizar, siendo posible la creación de un nuevo modelo bajo la teoría de Markowitz, que se pondrá a prueba en diferentes rangos de tiempo, arrojando las máximas rentabilidades y los mínimos riesgo de una inversión, y las pérdidas o ganancias de la implementación de la estrategia de mercado.

Abstract

This "Paper" is intended to put in to consideration a market diversification option which expands the horizons of the investment market of funds in Colombia, giving a speculative approach through investment of assets in the exchange market.

Its relevance is linked to the fact of being able to combine financial instruments and market theories into one portfolio that provides even more profitable options than the existing ones, for those investors with aggressive risk profile.

The methodology and modeling in Matlab will allow the investor to broaden their perspectives on the technological tools that can be used, making it possible to create a new model under Markowitz theory, which will be tested in different time ranges, throwing the maximum profitability and minimum risk of an investment, and gains or losses from the implementation of the market strategy.

Palabras clave: Divisa, Fondo de Inversiones, Inversión, Markowitz, Modelo financiero, Perdida, Rentabilidad, VaR, Riesgo de Mercado.

Key Words: Forex, Investment Fund, Investment, Markowitz, Financial Model, Loss, Value at Risk, Market Risk

1. Introducción

El mercado Forex es el mayor mercado financiero a nivel mundial, y a diario registra el más alto movimiento de capitales. Según la página Española de Mercados Financieros Investing, el volumen diario de negociaciones asciende a los 1.5 trillones de dólares y crece alrededor del 15% cada año. Existe donde quiera que una moneda se negocie con otra y cuenta con alta liquidez y rentabilidad.

¹Profesor de Mercado de Divisas en el programa de Ingeniería Financiera de la Universidad Piloto de Colombia,

² Docente curso de grado, modulo fondos de Inversiones y optimización de portafolios del programa Ingeniería Financiera de la Universidad Piloto de Colombia

³Estudiante del programa de Ingeniería Financiera y aspirante al título de Ingeniería Financiera de la Universidad Piloto de Colombia

Existen diferentes opciones para acceder a él, desde operaciones en spots, futuros, swaps, agencias cambiarias, hasta Fondos de Inversiones. Este último surge como una modalidad de inversión colectiva en donde en forma conjunta se toman un número de activos financieros o no financieros y se crea un nuevo portafolio óptimo para diversos tipos de inversionistas.

El presente proyecto busca evaluar la viabilidad de estructurar un fondo de inversiones de naturaleza especulativa, con activos del mercado cambiario, para inversionistas de alto riesgo, basados en el modelo de Markowitz, brindando una nueva alternativa de Inversión.

Para ello se busca inicialmente establecer la canasta de divisas que compondrán el fondo, según información histórica de mercado y al comportamiento de variables macroeconómicas asociadas.

Posteriormente, se estructurará un modelo financiero a partir de la teoría de Markowitz, que permita establecer los porcentajes de participación de cada una de las paridades, teniendo en cuenta políticas de inversión y expectativas de mercado.

Como paso final se medirá el valor de riesgo del fondo para evaluar y cuantificar el riesgo asociado al portafolio creado.

2. Marco Referencial

2.1 Antecedentes.

A continuación se exponen los aportes y metodologías de diferentes autores, que por medio de sus artículos investigativos formaron parte del sustento académico de este proyecto.

En el documento “el modelo de Markowitz en la gestión de las carteras” (Mendizábal Alaitz, Miera Luis y Zubia Marian, 2002)⁴; se pretende demostrar la efectividad de la teoría de Markowitz en la

optimización de carteras a través de un ejemplo práctico con el IBEX-35 y IGBM (Principales índices de la bolsa de Madrid-España).

Durante el estudio, se desarrolla paso a paso la implementación del modelo y se explican cada una de las variables a tener en cuenta y la interpretación de cada uno de los valores obtenidos. Como método matemático adicional se midió el performance y el índice de sharpe para obtener el resultado de la calidad de la gestión de las carteras formadas por títulos financieros en base a la rentabilidad y al riesgo.

Finalmente, la investigación arroja la frontera eficiente y comprueba la eficacia del modelo para maximizar los rendimientos y minimizar el riesgo. En el caso práctico propuesto, se llegó a la conclusión de que al unir los dos Índices en una cartera, estos no son lo suficientemente eficientes como opción de inversión.

En 2011, Castillo de la Universidad Nacional Autónoma de México, en su estudio titulado “VaR: Análisis para inversiones en divisas” plantea la necesidad de diversificar el riesgo en el mercado cambiario con el método que permita controlar de mejor manera las pérdidas futuras.

Para ello toma como base el dólar, el dólar canadiense, libra esterlina, euro, real, rublo y yuan, en los periodos de 2000 al 2003, 2004 al 2006 y del 2007 al 2009, del cual se halla la frontera eficiente a través de la teoría de Markowitz. De allí se hace un análisis profundo de cada uno de los resultados descartando las monedas más débiles y se conformó en cada periodo un portafolio óptimo. Como paso final se realiza un backtesting comparando las metodologías Montecarlo, VaR histórico y Varianza-covarianza y se determinan los resultados más coherentes.

Finalmente el autor llega a la conclusión de que el VaR Histórico es el método más eficiente para controlar el riesgo, pero debe ser reforzado con otras metodologías para darle mayor robustez a los resultados.⁵

⁴Mendizábal Alaitz, Miera Luis y Zubia Marian.(2002) El modelo de Markowitz en la gestión de las carteras. Universidad del País Vasco.

⁵Castillo L (2011). VaR: Análisis para inversiones en divisas. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ingeniería.

En la investigación realizada en el 2013, Cuenca Andrea y León Kevin abarcan el tema de “portafolios óptimos de inversión en el mercado forex”, en él se plantean los siguientes puntos a destacar:

1. El análisis Macroeconómico para determinar el comportamiento de las divisas.
2. Medición del valor en riesgo y la rentabilidad esperada en un portafolio óptimo del mercado de divisas.
3. Planteamiento de un modelo con el fin de conformar un portafolio de divisas con la mejor combinación de pares a invertir

Al extraer los aportes para el presente estudio se toma como principales conclusiones los siguientes hallazgos:

- Cuando se realiza el análisis del comportamiento de un par de divisas se deben tener en cuenta índices como: Tasas de Interés, Tasas de desempleo, PIB, Balanza comercial, IPC, IPP entre otros. Es mucho más probable que el precio se mueva de acuerdo a lo esperado, cuando este análisis se hace en periodos grandes
- Un portafolio de divisas llega a ser óptimo cuando se es capaz de determinar las monedas apropiadas teniendo en cuenta los aspectos macroeconómicos para dimensionar el mercado y se tienen el conocimiento para poder determinar las estrategias en el momento adecuado.

Finalmente en 2014, Zapata David, Estudiante de Ingeniería Financiera de la Universidad Piloto de Colombia en su trabajo de grado “Fondo de inversión en el mercado de divisas, en la paridad EUR/USD – Indicador ParabolicSar” expone un claro ejemplo de estrategia de mercado para gestionar efectivamente los activos financieros a través de un fondo de inversiones.

Durante el proceso se analizan cada una de las variables de mercado asociados a la paridad durante tres años y se crean a través de simulaciones históricas una estrategia de mercado útil y rentable asociada al Indicador ParabolicSar.

Posterior a ello se estructura un fondo de inversiones quien realiza la inversión según los lineamientos de la estrategia de trading.

Como resultado, se demostró que utilizando la hora del día como un parámetro de entrada, sumado a la interpretación estadística y analítica del indicador Parabolic SAR, es posible obtener indicaciones de compra/venta en la paridad EUR/USD y que la estructuración de un fondo de inversión de naturaleza especulativa, permite gestionar eficientemente los recursos y a su vez generar valor durante el periodo de tiempo de la inversión.

2.2 Marco Teórico.

A continuación se mencionan las teorías, cálculos matemáticos y bases conceptuales con los que se sustenta el desarrollo del proyecto.

2.2.1. Modelo de Markowitz.

Harry Markowitz (1952) definió las bases de la teoría moderna de portafolios que establece que los inversores deben tomar decisiones buscando la maximización del retorno esperado de su portafolio tomando en cuenta el riesgo, medido por la variabilidad de los retornos de los activos financieros; o viceversa, minimizar el riesgo de su portafolio buscando un retorno objetivo.

En términos formales se puede establecer el rendimiento esperado de un portafolio $E(R_p)$, como la sumatoria del logaritmo natural de los rendimientos individuales de cada uno de los activos

$$E(R_p) = \sum_{i=1}^n x_i$$

Ecuación (1) Rendimientos del portafolio⁶

^{6, 7, 8, 9} Harry Markowitz. Portfolio Selection. The Journal of Finance, Vol. 7, No. 1. (Mar., 1952)

Donde x_i es el valor histórico de los precios de los activos del portafolio.

Ahora bien, se toma la varianza como una medida de riesgo, para el caso de un portafolio (debido a que no se pueden eliminar totalmente mediante la diversificación y los rendimientos están altamente correlacionados)

$$\sigma_p^2 = \sum_{k=i}^n \sum_{j=i}^{\bar{w}} w_i w_j \sigma_{ij}$$

Ecuación (2) Matriz de Varianza del portafolio⁷

Donde:

w_i = Rendimientos del activo i-esimo

w_j = Rendimientos del activo j-esimo

σ_{ij}^2 = Covarianza entre los activos i,j

De manera equivalente, se considera la correlación entre los activos que conforman el portafolio, para hallar el grado de intensidad posible entre la relación de dos variables.

$$\sigma_{ij} = \rho_{ij} \sigma_i \sigma_j$$

Ecuación (3) Correlación entre los activos⁸

ρ_{ij} = Coeficiente de correlación ente los activos i-esimo y j-esimo

σ_i = Desviación estándar del activo i-esimo

σ_j = Desviación estándar del activo j-esimo

Un aspecto importante de la anterior ecuación es que la diversificación puede contribuir a reducir el riesgo debido a los efectos de la variación conjunta.

En términos de correlación existentes entre los diversos activos, de la propuesta de Markowitz se desprende que son preferibles los activos menos

correlacionados ($\rho < 1$) el beneficio de reducción del riesgo será mayor mientras menos correlación se encuentren. El caso ideal sería una correlación perfecta negativa ($\rho = -1$); sin embargo en la práctica es casi imposible debido a que los instrumentos financieros tienden a moverse en una misma dirección aunque en diferentes intensidades.

En términos de rendimiento esperado (media) y el riesgo (varianza) el problema del inversionista se formula como

$$\begin{aligned} & \max E[U(w'R_{T+t})] \\ & = \max \int U(w'R_{T+t}) p_{T+t}(R_{T+t} | \mu, \Sigma) dR_{T+t} \\ & \text{Sujeto a } w'1 = 1 \end{aligned}$$

Ecuación (4) Maximización de Rendimientos⁹

Esto es, dado un nivel de rendimiento esperado objetivo, la conformación del portafolio óptimo será aquella que maximice el rendimiento esperado, dado un nivel de riesgo, o que minimice el riesgo dado un nivel de rendimiento esperado.

La conclusión del análisis de la media y la varianza lleva a que la solución del problema de optimizar un rendimiento objetivo con un riesgo mínimo se resuelva buscando en la frontera eficiente (cóncava pues la correlación es de -1 y 1 en sus límites inferiores y superiores respectivamente), que es la curva de Rendimiento vs Riesgo que se obtiene como representación del conjunto de portafolios óptimos.

2.2.2 VaR.

El Value at Risk (VaR) es una medida de riesgo de mercado que estima la máxima pérdida que puede tener una cartera en un intervalo de tiempo con un nivel de confianza dado, bajo condiciones normales de mercado (Jorion, P. 2000).

En 2001, Vilariño señala que al fijar un nivel de confianza se supone que las pérdidas del portafolio pueden modelarse utilizando la estadística. Para

esto, se parte de la posición de los precios de mercado de los activos. Bajo el supuesto de que los rendimientos siguen un comportamiento aleatorio, la valoración de mercado de la cartera también será aleatoria. Siguiendo ésta hipótesis, entonces es posible estimar el valor del portafolio que determina una pérdida máxima a un nivel de confianza dado dentro de una distribución de frecuencias.

El VaR, tal y como ha sido definido anteriormente, es una poderosa herramienta de medición del riesgo. No está limitada ni a determinadas categorías de activos ni a ciertas fuentes de riesgo de mercado, sino que están incluidos todos los activos y fuentes de riesgo de mercado que contribuyen a la distribución de probabilidad de los resultados de una cartera.

2.2.2.1 Parámetros del cálculo del VaR.

a. Horizonte temporal

Es el período desde el momento actual hacia el futuro para el cual se estima la pérdida máxima probable.

b. Nivel de confianza

Se refiere a la probabilidad de que el intervalo estimado contenga el parámetro. En el caso específico del VaR, esta variable indicará el porcentaje de tiempo en el cual se espera no tener pérdidas mayores a las predichas por el modelo. Usualmente los niveles de confianza utilizados se ubican entre 90% y 99%.

c. Cantidad de observaciones utilizadas

La cantidad de observaciones que se utilizan como base para los escenarios del VaR es otra decisión que se debe tomar en consideración para calcular este indicador. Al escoger la cantidad de observaciones debe tomarse en cuenta que los períodos cortos le permiten a las estimaciones de VaR reaccionar más rápido a los cambios en los mercados. Por su parte, las series de datos largas permiten obtener distribuciones de los retornos mejor

elaboradas, pero pueden no reflejar la situación actual del mercado (Jorion, P. 2000).

2.2.2.2 Métodos para medir el VaR.

Existen varios métodos para calcular el VaR, y estos se clasifican en dos grupos. El primero es el paramétrico, el segundo grupo se denomina valoración completa o no paramétrica, al cual pertenecen los métodos de Simulación.

2.2.2.2.1 Método Paramétrico

También llamado VaR de varianza y covarianza, supone que el rendimiento de todos los activos está distribuido normalmente, por lo tanto, el rendimiento del portafolio también sigue esta distribución, ya que es una combinación lineal de sus componentes ponderados por su importancia dentro de la cartera.

Este método implica una aproximación local de los movimientos de los precios; por lo que un beneficio esencial de éste es que requiere calcular el valor del portafolio sólo una vez, con los valores actuales de mercado. Por ello, permite manejar un gran número de activos y es fácil de implementar.

Además es una buena aproximación cuando se utilizan lapsos de tiempo muy cortos en condiciones normales del mercado.

Dicha metodología asume que los retornos tienen una distribución normal e idénticamente distribuida (es un modelo lineal), o se normaliza la serie a través de logaritmos naturales de manera que los retornos esperados para un portafolio de n activos se definen como:

$$E(R_p) = W' * E(R)$$

Ecuación (5) Retornos esperados¹⁰

^{10, 11, 12, 13}PhillipeJorion. Valor en Riesgo. México. Noriega editores. 2000

Entonces la varianza del portafolio se define como:

$$\sigma_p^2 = W' * E(\Sigma) * w$$

Ecuación (6) Varianza del Portafolio.¹¹

Donde w' es el vector transpuesto (es decir, horizontal) de ponderadores que suman uno (ponderación de cada activo que conforma el portafolio), y Σ define la matriz de varianzas y covarianzas para los retornos de n activos del portafolio.

En términos matriciales la expresión anterior es:

$$\sigma_p^2 = (w_1 w_2 \dots w_n) * \begin{pmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} & \dots & \sigma_{1N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sigma_{N1} & \sigma_{N2} & \dots & \sigma_N^2 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} w_1 \\ \dots \\ w_n \end{pmatrix}$$

Ecuación (7) Matriz de Varianza.¹²

forma en la que se puede observar con más claridad la generalización de la varianza de un portafolio de n activos. La metodología para el cálculo del VaR estará definida entonces:

$$VaR = \phi * \sqrt{w' * E(\Sigma) * w} * \sqrt{T}$$

$$VaR = \phi * \sigma_p * \sqrt{T}$$

Ecuación (8) Formula VaR Paramétrico.¹³

donde ϕ representa el ajuste de la volatilidad por el nivel de confianza establecido para el VaR, según la

distribución normal estándar. Por ejemplo, para un Va al 95% de confianza se utilizaría el factor $\phi=1.645$, que corresponde al número de desviaciones estándar de la distribución normal con una acumulación del 95% del total de valores. Se incluye el factor T para capturar el período en que se evalúa el valor en riesgo.

La descripción presentada corresponde al método Delta-Normal simple que supone relaciones lineales entre los activos del portafolio. Cuando se incluyen opciones financieras dentro del portafolio de inversión el cálculo del Va no es muy preciso con modelo lineal, por lo cual se hace necesaria la implementación de un modelo cuadrático para estimar las correlaciones (Hull, 2002)

Las fases para estimar el VaR varianza-covarianza son:

1. En base a las series históricas de los factores de riesgo (FR), calcular la matriz de varianza-covarianza
2. Multiplicar los valores de la posición o valor de cada portafolio de FR denotados por w , por la matriz de varianza-covarianza.

Donde como ya se mencionó, ϕ es el nivel de confianza, σ_p la matriz de varianzas y covarianzas y T el horizonte de tiempo.

Ventajas

- Este es un modelo que permite entender y evaluar las medidas de riesgo.
- La normalidad e independencia permiten una buena aproximación ya que con la media y desviación estándar se puede construir una distribución de probabilidad de los cambios en el valor del portafolio.
- Se puede plantear un análisis de sensibilidad con diferentes matrices varianza-covarianza.
- A pesar que el modelo no captura eventos extremos la estimación sistemática del VaR permite analizar riesgo y rendimiento y realizar una asignación de capital de rendimiento ajustado por riesgo.

Desventajas

- La evidencia muestra que los rendimientos de los activos financieros presentan características leptocurticas por lo que se puede subestimar el VaR.
- Las estimaciones son locales ya que considera los cambios en los factores de riesgo alrededor de los niveles vigentes de las posiciones financieras. Esto significa que al presentarse eventos extremos, no se observarían las pérdidas en la estimación de la distribución a partir de la matriz de varianza –covarianza (de datos históricos).
- Supone que las relaciones entre los factores de riesgos y los cambios del portafolio son lineales.
- Su explicación requiere de mayores esfuerzos.(Castillo,2011, p.45:51)

2.2.2.2 Método de Simulación Histórica

Esta técnica mide el VaR reconstruyendo las distribuciones de precios o factores de mercado a partir de la historia. Para ello, se simulan escenarios futuros sobre el comportamiento de las variables financieras seleccionada, por ejemplo: tasas de interés, los tipos de cambio, entre otros, que afectan la valuación de los instrumentos del portafolio, con base en una estructura o distribución determinada, que involucra la media, la volatilidad y la relación existente entre estas variables.

La estimación del VaR histórico se puede agrupar en las siguientes fases:

- 1.- Se crea una serie histórica del factor de riesgo (FR)
- 2.- Se construye una serie de rendimientos, es decir, se estiman variaciones logarítmicas diarias de los factores de riesgo

$$R_{t-i,t-i-1} = \ln\left(\frac{FR_t}{FR_{t-1}}\right)$$

Ecuación (9) Rendimientos Normalizados.¹⁴

3.-Se estima la serie alternativa del factor de riesgo. Para ello, al valor actual del factor de riesgo se agrega el valor de las variables calculadas.

$$FR_n * \exp\left(\frac{R_2}{R_3}\right) = \left(\frac{FR_2}{FR_3}\right)$$

Ecuación (10) Factor de Riesgo.¹⁵

4.-El portafolio se revalúa con cada uno de los valores estimados de los factores de riesgo.

5.-Se calculan las pérdidas y ganancias del portafolio. Estas se obtienen de la diferencia entre el valor del portafolio estimado en cada uno de los escenarios y el valor del portafolio vigente en la fecha de valuación.

6.- Se ordenan los resultados del portafolio de mayores pérdidas a mayores ganancias y se calcula el VaR con base en un nivel de confianza (percentil o quantil elegido).

Ventajas

- Es un método robusto, fácil de instrumentar, intuitivo y fácil de explicar.
- Permite agregar riesgos de diferentes mercados (divisas, acciones etc).
- Incorpora las características de no linealidad y efectos gamma y vega (opciones).
- No se hace ningún supuesto sobre la forma de la distribución de los cambios en el

^{14,15}PhillipeJorion. Valor en Riesgo. México. Noriega editores. 2000

valor del portafolio, captura (eventos extremos, colas anchas etc).

resultan de variaciones no anticipadas en el tipo de cambio.¹⁷

Desventajas

- No permite reescalar la estimación del VaR a diferentes horizontes de tiempo (no cumple con la normalidad e independencia de los residuales).
- Con portafolios grandes o estructuras complicadas se vuelve impráctico y computacionalmente caro.(Castillo,2011, p.55:56)

- **Portafolio:**Conjunto de activos financieros en los cuales invierte una persona o una empresa, con el fin de diversificar su inversión y obtener beneficios adicionales.¹⁸

2.3 Marco conceptual.

3. Marco Legal

- **Análisis fundamental:** Pretende conocer y evaluar el auténtico valor del título o acción, llamado valor fundamental. Este valor se usa con objeto de predecir el rendimiento futuro que se espera del título (criterio financiero).

A continuación se relacionaran los Artículos más relevantes en los cuales se basa la creación del fondo de inversión y el sistema de administración de riesgo de mercado según la normativa Colombiana.

Cabe resaltar que no se menciona en su totalidad cada uno de los capítulos y artículos que componen estas legislaciones, debido a que se desea resaltar los puntos en los que más fuerte se enfatizara el proyecto en gestión.

Los factores fundamentales que afectan la apreciación o devaluación de una moneda son el estado macro económico del país de proveniencia y los eventos geo-políticos domésticos o internacionales que incidan sobre dicho país. Los reportes económicos sobre políticas fiscales y monetarias son los que tienen mayor incidencia en las monedas que componen los pares del mercado.¹⁶

3.1 Fondos de inversiones

- **Riesgo cambiario:**Se define como la posibilidad de tener pérdidas debidas a fluctuaciones desfavorables e inesperadas en los tipos de cambio, en algunos casos como suelen ser los de las empresas e instituciones financieras, este tipo de riesgo se traduce en la variabilidad de los valores del activo, pasivos e ingresos en moneda nacional que

Acudiendo a la definición y legislación de Fondos de Inversiones en el mercado Colombiano, es importante mencionar el decreto 1242 de 2013 que sustituye la parte 3 del Decreto 2555 de 2010, el cual hace alusión a la gestión y administración de los fondos de inversión colectiva.

El Artículo 3.1.1.2.1 del Capítulo 1 del decreto define el fondo de inversión colectiva como todo mecanismo o vehículo de captación o administración de sumas de dinero u otros activos, integrado con el aporte de un número plural de personas determinables, con el fin de obtener resultados económicos también colectivos.

Analizando las características del proyecto y la manera como estructuralmente va a retornar las inversiones a sus participantes, el fondo de inversión es de naturaleza cerrada, lo cual se define

¹⁶ Herramientas de análisis fundamental. *Enciclopedia Financiera*. Extraído de www.encyclopediainanciera.com

^{17,17} Diccionario Financiero. *El economista*. Extraído de www.eleconomista.com.

en el Artículo 3.1.1.2.4 del Capítulo 1 como aquellos fondos que únicamente están obligados a redimir las participaciones de los inversionistas al final del plazo previsto para la duración del fondo de inversión colectiva o durante los plazos que se crean pertinentes siempre que estén debidamente estipulados en el reglamento.

En cuanto a la política de inversión, el fondo cuenta con los parámetros establecidos en el Artículo 3.1.1.4.2, el cual establece:

1. Plan de inversiones del fondo de inversión colectiva, indicando, como mínimo, lo siguiente:

- a. Objeto del fondo de inversión colectiva o la familia de fondos de inversión colectiva;
- b. Relación de los activos que se consideran aceptables para invertir, de conformidad con el tipo de fondo de inversión colectiva o familia de fondos de inversión colectiva;
- c. Diversificación del portafolio de acuerdo con el perfil de riesgo del fondo de inversión colectiva, la administración del riesgo y los requerimientos de liquidez que prevea la sociedad administradora de fondos de inversión colectiva;
- d. Información sobre la naturaleza y las características de las inversiones propuestas;
- e. Determinación de los límites mínimos y máximos por tipo de activo y por emisor u originador.
- f. Plazo promedio ponderado de las inversiones del fondo de inversión colectiva, de conformidad con el perfil de riesgo propuesto. tratándose de títulos de renta fija;

2. Los parámetros para el manejo de las operaciones del mercado monetario que empleará la sociedad administradora del fondo de inversión colectiva, teniendo en cuenta la clase de fondo de inversión colectiva de que se trate.

3. Política en relación con los depósitos en cuentas corrientes o de ahorros, sin perjuicio de lo previsto en el artículo 3.1.1.10.2 del presente Decreto.

4. Perfil de riesgo del fondo de inversión colectiva, el cual deberá fundamentarse en la descripción y el

análisis de los riesgos que puedan influir en el portafolio de inversiones;

5. Política de gestión de riesgos, en la cual se deberán describir los riesgos que pueden influir en el resultado del fondo de inversión colectiva, y la manera de administrarlos.

6. Los demás aspectos que establezca la Superintendencia Financiera de Colombia.

Por último, teniendo en cuenta la naturaleza especulativa del fondo y su alta volatilidad, el fondo adopta los ajustes temporales por cambios en las condiciones de mercado mencionados en el Artículo 3.1.1.4.3, el cual establece que de haber circunstancias extraordinarias, imprevistas o imprevisibles en el mercado que hagan imposible el cumplimiento de la política de inversión, se podrán ajustar los lineamientos de manera provisional y conforme a su buen juicio profesional dicha política.

3.2. Riesgo de Mercado.

Para el análisis del riesgo de mercado, se tomó como referencia el Capítulo XXI de la Superintendencia Financiera de Colombia. A continuación, se hace énfasis de los puntos más relevantes de la norma y que son representativos para el modelo de inversión que se propone en el trabajo:

Superintendencia Financiera De Colombia

Capitulo XX1 Reglas Relativas A La Administración Del Riesgo De Mercado¹⁹

a. Definición de riesgo de mercado.

Para los efectos del presente capítulo se entiende por riesgo de mercado la posibilidad de que las entidades incurran en pérdidas asociadas a la disminución del valor de sus portafolios, las caídas del valor de las carteras colectivas o fondos que

¹⁹Boletín 30. Enero – Febrero 2011. Superintendencia Financiera de Colombia. Capitulo XXI reglas relativas a la administración de riesgo cambiario.

administran, por efecto de cambios en el precio de los instrumentos financieros en los cuales se mantienen posiciones dentro o fuera del balance.” (Literal b del numeral 2 del artículo 7.3.1.1.2 del Decreto 2555 de 2010.)

b. Estándares Cuantitativos.

Todo modelo interno que se adopte debe cumplir con los siguientes estándares de tipo cuantitativo:

- a) El modelo debe capturar los principales factores de riesgo a que se encuentre expuesta la entidad y considerar cuando menos los factores de riesgo contemplados en el modelo estándar.
- b) Para calcular el valor en riesgo debe utilizarse un intervalo de confianza de noventa y nueve por ciento (99%) de un extremo de la distribución.
- c) Para la estimación de los parámetros estadísticos empleados por los modelos se debe considerar un período de observación efectivo de por lo menos un (1) año. Cuando la periodicidad de las series no sea diaria, se deben considerar por lo menos doscientos cincuenta (250) observaciones.
- d) Para la estimación del valor en riesgo se pueden adoptar tanto enfoques paramétricos como no paramétricos (simulaciones históricas, simulaciones de *Monte Carlo*, etc.).
- e) Las bases de datos requeridas para la estimación deben estar permanentemente actualizadas.
- f) Los modelos utilizados deben capturar adecuadamente el riesgo de mercado de posiciones en opciones teniendo en cuenta lo siguiente:
 - i. Deben capturar las características no lineales del precio de las posiciones.

- ii. Deben capturar la sensibilidad de estas posiciones a la volatilidad del valor del instrumento subyacente.

- i) El modelo puede contemplar correlaciones entre los diferentes factores de riesgo y entre las principales categorías de riesgos (v.g. tasa de interés y tasa de cambio) siempre y cuando la metodología de estimación sea técnicamente consistente y las pruebas de desempeño (*backtesting*) corroboren los resultados obtenidos.

4. Desarrollo del problema de investigación

4.1 los Fondos de Inversión Colectiva (FIC) en Colombia

Los fondos de inversión en Colombia han evolucionado lentamente. Según lo publicado en 2014 por el diario el Portafolio: “a pesar de que las inversiones están cerca a los 50 billones de pesos, estos se encuentran muy distantes a la de los otros países latinoamericanos”

El comunicado de prensa resalta el grado de importancia de los fondos de inversiones en países como Brasil que llegan a representar el 48% de su PIB; en Chile llegan al 13%, y en México son el 10%, mientras que en Colombia tan solo representan el 6%.²⁰

Sin embargo los fondos de inversión colectiva vienen ganando cada vez más adeptos en Colombia.

En la actualidad, Colombia está firmando alianzas estratégicas para expandir su mercado y diversificar los campos de acción; el caso del fondo Silk Banca de Inversiones en Colombia con el asiático Teak Capital Corporation es uno de ellos. Esta alianza va en busca de inversionistas para los sectores petroleros y la infraestructura vial. El presidente de Teak Capital Corporation, Lampros Vassiliou consideró que los "asiáticos ven una gran oportunidad de negocios en Colombia, que

²⁰Portafolio. (2014). Los fondos de inversionestan ‘quedados’ en Colombia. SeccionEconomica. <http://www.portafolio.co/economia/fondos-inversion-colombia-0>

en la actual coyuntura no existe en otras economías de Sudamérica²¹

Otro claro ejemplo es el del fondo de CFC-SK El Dorado Latam, enfocado en inversiones de infraestructura en Colombia, Perú, Chile y Centroamérica. Este representa el primer vehículo de inversión conjunta y directa entre inversionistas asiáticos, europeos y latinoamericanos.

Por lo tanto, estructurar en la actualidad un fondo de inversiones que diversifique el mercado es una alternativa altamente atractiva frente al creciente interés de los mercados extranjeros, el aumento de las pymes y el desarrollo de nuevas industrias.

Pero durante el proceso de investigación no se halló un fondo de inversiones enfocado netamente en del mercado cambiario.

Esto puede ser causado por las siguientes hipótesis de mercado:

- a. El mercado forex es altamente volátil, lo que puede conllevar a pérdidas significativas que pocos inversionistas están dispuesto a asumir.
- b. Los portafolios cuentan con estrategias de diversificación del riesgo a través de activos con bajas pérdidas, las divisas no suelen entrar en este rango debido a su riesgo cambiario implícito.
- c. La optimización de portafolio suele ser una herramienta teórica, que por sí sola no abarca todas las variables del mercado.

Por lo anterior surge el problema de investigación del presente proyecto, ¿Puede el modelo de Markowitz generar una inversión rentable para un fondo de inversiones Colombiano, compuesto solo de instrumentos del mercado cambiario?

Para ello iniciaremos por la construcción y constitución del fondo de inversiones según la normativa Colombiana expuesta en el literal 3.1 del presente trabajo:

4.1.2 Políticas Del Fondo De Inversión.

a. Objeto del Fondo.

El objetivo de inversión es el crecimiento del capital en forma dinámica mediante la inversión en activos líquidos como son las divisas de mercados extranjeros y locales. Las participaciones de los diferentes activos se establecerán de acuerdo con la búsqueda del objetivo de maximización del retorno por unidad de riesgo siguiendo un constante monitoreo de la optimización del portafolio.

b. Relación de los activos.

EURUSD	Euro / Dólar Estadounidense
USDJPY	Dólar Estadounidense/ Yen Japonés
USDCAD	Dólar Estadounidense/ Dólar Canadiense
AUDJPY	Dólar Australiano / Yen Japonés
GBPJPY	Libra Esterlina / Yen Japonés
EURJPY	Euro / Yen Japonés
USDCOP	Dólar Estadounidense / Peso Colombiano
USDMXN	Dólar Estadounidense / Peso Mexicano
USDBRL	Dólar Estadounidense / Real Brasileño
USDARS	Dólar Estadounidense / Argentinos

c. Diversificación del portafolio.

Con el propósito de cubrirse de los diferentes riesgos que puedan afectar al portafolio, el fondo de inversión podrá realizar operaciones de cobertura a través de la modificación de la estrategia de inversión, según los movimientos del mercado y los hechos macroeconómicos que afectan las divisas en el intervalo de tiempo pertinente.

d. Naturaleza de las inversiones propuestas.

Las inversiones propuestas en el fondo son de naturaleza especulativa y tienen como propósito hallar la máxima rentabilidad entre la combinación de 10 activos del mercado cambiario, consagrando su actividad de administración exclusivamente en favor de los intereses de los inversionistas

²¹20 Minutos.(2015). Fondos de Inverison de Colombia y Asia firman alianza estratégica. Noticias económica. <http://www.20minutos.com.mx/noticia/b284444/fondos-de-inverison-de-colombia-y-asia-firman-alianza-estrategica/>

e. Límites de inversión por activo.

De conformidad al modelo de Markowitz adoptado, no habrá restricción para la inversión en los activos, dando la posibilidad de entradas en Largo y Corto y la exclusión de uno a más activos correspondiendo la estrategia de inversión arrojada por los cálculos matemáticos de la metodología empleada.

f. Plazo promedio de inversión.

Debido a su naturaleza especulativa, el fondo tendrá una duración de 3 años partiendo el 01 de Abril de 2015, hasta el 31 de Marzo del año 2018.

g. Perfil de Riesgo.

El fondo de inversión en divisas está dirigido a inversionistas con un perfil de riesgo AGRESIVO que busquen el crecimiento de capital mediante la inversión en el mercado forex sumiendo el riesgo cambiario implícito en la operación. El inversionista debe ser consciente que al invertir en fondo se está asumiendo un riesgo de mercado alto ya que los activos contenidos en el presentan alta volatilidad.

h. Rendición de Dividendos.

La devolución de la inversión y de los dividendos obtenidos durante la gestión se dará al finalizar el plazo constitución del fondo. Durante el tiempo de funcionamiento deberá entregar a los inversionistas un extracto trimestralmente el cual deberá reflejar los aportes o inversiones y/o retiros realizados, durante el período correspondiente, expresados en pesos y en unidades.

i. Gestión de Riesgo.

1. Riesgo Operativo: Este riesgo se mitigará mediante el control por parte del fondo y sus administradores de sus procesos operativos así como la revisión del buen desarrollo de las operaciones.

2. Riesgo de Liquidez: Para mitigar el riesgo de liquidez se deberá evaluar la estrategia de inversión

periódicamente de acuerdo con las políticas establecidas.

3. Riesgo de Mercado: Para la gestión de este riesgo, el modelo cuenta con el cálculo propio del valor de riesgo basado en la normativa de la superintendencia financiera determinando las exposiciones para la toma de decisiones oportuna.

d. Riesgo de Crédito: Este riesgo se mitigará invirtiendo los recursos de acuerdo con los resultados obtenidos en el modelo de Markowitz implementado.

4.2 Descripción de la Información.

Para dar inicio a la investigación, se determinó la canasta de divisas que compondría el fondo, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

4.2.1 Volumen de las transacciones.

El volumen de transacciones en el mercado Forex determina la fuerza e intensidad de la participación de traders en el mercado, frente a una paridad con amplias expectativas. Mide a su vez el movimiento y la actividad en el mercado y es más fuerte cuando se presenta una clara tendencia.

Según el Bank for International Settlements, el volumen de las transacciones va fuertemente ligado al grado de ponderación de las negociaciones de las divisas más cotizadas.

A continuación, se relaciona los resultados del estudio de Volumen de negociaciones según los datos de la encuesta trienal realizada por los comités de divisas de Australia, Canadá, Londres, New York, Singapur y Tokio en 2014.

Grafica 1: Pares de divisas más negociadas del mercado forex



Fuente: Bank for International Settlements (www.bis.org)

Como se puede notar, el 65% de las transacciones son ocasionadas por 6 paridades, de las cuales tomaremos 5 de ellas para la realización de este estudio. De la categoría de otros se toma el EUR/JPY como la más representativa debido a su reciente crecimiento económico.

EUR/USD
USD/JPY
USD/CAD
AUD/JPY
GBP/JPY
EUR/JPY

4.2.2 Indicadores monedas latinoamericanas

El modelo a su vez pretende no dejar a un lado la participación de las economías vecinas en Latinoamérica. Por lo tanto toma como referencia el Índice LACI (LatamCurrencyIndex) que recoge el comportamiento de las principales monedas latinoamericanas frente al dólar. Este es calculado diariamente por Bloomberg y JP Morgan al ponderar la liquidez y el volumen de operaciones de cada moneda. La canasta de monedas está compuesta por el real brasileño (33 por ciento), el peso mexicano (33 por ciento), el peso chileno (12 por ciento), el peso argentino (10 por ciento), el peso colombiano (7 por ciento) y el nuevo sol peruano (5 por ciento).²²

²²(24 de Julio de 2008). Buzón del inversionista. *El Portafolio*. Recuperado de www.portafolio.co

Para el presente proyecto, se tomarán las siguientes paridades como representación del mercado Latinoamericano:

USD/MXN
USD/BRL
USD/ARS
USD/COP

Según lo visto en estudios anteriores, no se ha tomado la composición de portafolios anteriormente expuesta. Tal es el caso del estudio de Beatriz Carbonell y Luis Echeverría, sobre la estructuración un portafolio óptimo de inversión en divisas representativas del mercado forex. En el apartado los autores toman para su investigación las monedas Euro, Libra Esterlina, Real Brasileño, Peso Colombiano, Peso Chileno y Franco Suizo, frente al Dólar Estadounidense.

De igual manera, en la tesis “Va: Análisis para inversiones en divisas” de Nayeli Castillo, las divisas abordadas van atadas al Peso Mexicano frente al Dólar Estadounidense, El Euro, la Libra Esterlina, el Franco Suizo, El Dólar Canadiense, y el Dólar Australiano.

4.3 Análisis descriptivo

4.3.1 Análisis Económico de las paridades.

a. Euro / Dólar.

Esta Paridad reúne las economías más fuertes del plantea, Estados Unidos y La Unión Europea y contiene las divisas de mayor pesos del mercado financiero, el Dólar y el Euro.

Surge desde el mismo momento en que los países miembros de la Unión Europea ven la necesidad de crear una moneda común, de libre circulación por sus fronteras y que igualara el análisis y las políticas económicas de los estados miembros, creando la divisa comunitaria, la que pasó a llamarse euro. Este

se introdujo en los mercados financieros mundiales como una moneda de cuenta el 1 de enero de 1999, reemplazando la antigua Unidad Monetaria Europea (ECU). Desde el día de su puesta en circulación, se estableció un precio dólar euro de uno a uno, la paridad perfecta, un dólar equivalía a un euro. Pero pronto empezaron las fluctuaciones, tomando al principio el precio del dólar euro una clara ventaja respecto a esta última, siendo así por un período de tiempo considerable. En diciembre de 2006 el Euro desplazó al dólar como moneda más usada para pago en efectivo. Ese mes, circulaban por el mundo unos 614.000 millones de euros, mientras que los dólares totalizaban 588.000 millones en euros.

En los últimos años, debido a la crisis de la deuda soberana europea, se han producido altibajos en su cambio respecto al dólar. A fecha del 11 de mayo de 2015, el euro está cotizado a precio de \$1,1155.

b. Dólar Estadounidense/ Yen Japonés.

Pertenecen a las dos de las tres economías más fuertes del mundo. Estados Unidos es el aliado más cercano de Japón, y Japón se basa en los EE.UU. por su seguridad nacional a un alto grado. Parte de su alianza se debe a los estrechos vínculos económicos de su riqueza y a los tratados de seguridad firmados desde la década de los 60, dando paz y estabilidad a Asia Oriental.

Japón actualmente es la tercera potencia mundial, y tiene como grandes socios comerciales a China, Estados Unidos y Corea del Sur.

Japón es un gran importador de alimentos, y de EE.UU importa carne de bovinos, de cerdo, de aves las cuales han llegado a posicionarse en el mercado japonés gracias a las efectivas promociones de marketing y de educación a los consumidores japoneses.

Adicional Japón importa de EE.UU, frutos cítricos, vegetales congelados, café, té, especias, cereales, fibras textiles, etc.

Hay muchos productos más que Japón importa de EE.UU, como frutos cítricos, vegetales congelados, café, té, especias, cereales, fibras textiles, etc.

c. Dólar Estadounidense / Dólar Canadiense.

Sólo seis monedas representan más del 65% del volumen del mercado de divisas y el dólar canadiense (a menudo llamado el "loonie", debido a la aparición de un bribón en la parte posterior de la moneda C \$ 1) es una de estas monedas principales y es la sexta moneda más utilizada como reserva.

En términos de PIB (medido en dólares), Canadá es la décima economía más grande del mundo. Ha disfrutado de un crecimiento relativamente fuerte en los últimos 20 años, con dos relativamente breves períodos de recesión a principios de los años 1990 y 2009.

Canadá es un productor significativo de petróleo, minerales, productos de madera y granos, y los flujos comerciales de esas exportaciones (casi el 60% de las exportaciones totales del país) pueden influir en el sentimiento de los inversores en relación con el dólar canadiense.

La paridad USD / CAD surge debido a la relación comercial estrecha entre Canadá y los Estados Unidos (ambos constituyen más de la mitad de los mercados de importación y exportación), los operadores del dólar canadiense tienen que mantener un ojo en los eventos en los Estados Unidos también. Mientras que Canadá ha seguido muy diferentes políticas económicas, la realidad es que las condiciones en los EE.UU., inevitablemente se vierta en Canadá, hasta cierto punto.

Desde que el Tratado de Libre Comercio entre Canadá y Estados Unidos entró en vigor en 1989, el comercio bilateral de bienes y servicios con los Estados Unidos se ha triplicado. Gracias a este acuerdo y el Tratado de Libre Comercio de América del Norte, la relación comercial entre los dos países es tan fuerte que intercambian aproximadamente \$ 1.4 millones de dólares en bienes y servicios cada minuto en 2013.

Casi 9 millones de empleos estadounidenses dependen de comercio e inversión con Canadá. A su vez, han llega a ser los socios comerciales más

grandes del mundo con C \$ 782.000 millones en bienes y servicios en 2013.

d. Dólar Australiano / Yen.

El dólar australiano (código AUD) es la moneda oficial de la Commonwealth de Australia, incluyendo los Territorios Antárticos Australianos, las Islas Christmas, las Islas Cocos, Islas Heard y McDonald e Islas Norfolk, así como de los estados independientes del Pacífico de Kiribati, Nauru y Tuvalu. Según Financial Red “El dólar australiano se encuentra dentro de las 6 divisas más comercializadas del mundo”

La relación AUD / YEN surge de los fuertes lazos económicos entre Australia y Japón, dos regiones con potencial desarrollo. En la década de 1960 Japón se convirtió en el socio económico más cercano de Australia en Asia y la relación sigue vigente siendo la política comercial un tema fundamental. Japón es actualmente el segundo mayor socio comercial de Australia y el tercer mayor inversionista extranjero directo.

Por más de 40 años Japón ha sido el mayor mercado de exportación de Australia. En las recientes publicaciones del ABS, se muestra que la inversión extranjera directa de Japón es una de las fuentes de crecimiento más significativas de Australia. La inversión japonesa aumentó un 20 por ciento pasando de \$ 31 mil millones en 2011 a \$ 36 mil millones en 2012 y llegando a \$ 90 mil millones en 2013

Por otro lado, Japón es el mayor consumidor de Australia de carbón, gas natural licuado, carne y productos lácteos, mientras que Australia es el mayor proveedor de mineral de hierro, uranio y aluminio de Japón. (2013. Australian Government. Informe económico relación bilateral con Japón. Recuperado de www.austrade.gov.au)

e. Dólar Estadounidense / Peso Colombiano.

Colombia mantiene fuertes lazos económicos con Estados Unidos y comparte políticas militares y tratados de libre comercio (TLC) entre las dos zonas

El comercio entre Estados Unidos y Colombia totalizó 26.899 millones de dólares en el 2012.

Las ventas de bienes y servicios colombianos hacia Estados Unidos representaron un 42,5 % de las exportaciones totales de este país andino.

Un 26% de las importaciones que realizó Colombia provinieron de Estados Unidos.

Colombia exporta a Estados Unidos hidrocarburos, combustibles, carbón, piedras preciosas, café, flores, confecciones, materias plásticas, productos químicos, alimentos, metales y otras manufacturas, mientras que importa principalmente maquinaria y equipos para la construcción.

Según lo expuesto en 2015, en el Portafolio “Hoy en día, hay un desbalance comercial superior a los 6 mil millones de dólares, la volatilidad del dólar sigue haciendo estragos en la economía Colombiana. Según el director de Analdex, el comportamiento de la divisa se mantendrá inestable y cotizándose alrededor de los \$2.500 durante todo el año”

Por un lado, Estados Unidos había venido manejando una política monetaria expansiva en la que procuraba que entrara una cantidad de dólares considerable para reactivar su economía. Eso llevó a ese país a bajar las tasas de interés, lo cual devaluó el dólar y todas las demás monedas (incluido el peso colombiano) se apreciaron frente a la divisa. Esto afectó directamente a las exportaciones nacionales.

f. Dólar Estadounidense / Peso Mexicano.

México y Estados Unidos mantienen lazos económicos y comerciales que se han fortalecido con la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte, junto con Canadá.

México es el segundo socio comercial de Estados Unidos y el primer destino de las exportaciones de California, Arizona y Texas, y el segundo mercado para otros 20 estados. Aproximadamente seis millones de empleos en Estados Unidos dependen del comercio con México y cada minuto se comercia cerca de un millón de dólares. La frontera de 3,140 km. que une a México y Estados Unidos es la más transitada del mundo. Un millón de personas y trescientos mil vehículos cruzan diariamente esta frontera.

Ese incremento visto en las tasas de interés de los bonos soberanos obviamente ha tenido efectos colaterales en el resto de los mercados mundiales, entre ellos los mercados de monedas (FX) de Latinoamérica. Es por esta razón que el USDBRL y el USDMXN perdieron algo de valor a principios del mes de mayo, después de varias semanas de recuperación ininterrumpida, ya que el incremento de las tasas de interés mundiales casi siempre va de la mano con un incremento material del nivel de aversión al riesgo. Y como sabrán algunos lectores, entre mayor sea la aversión al riesgo, menor será el interés de los inversores de mantener inversiones en el mundo emergente. (2014. Comercio e Inversión México-Estados Unidos. Extraído de <http://mex-eua.sre.gob.mx/index.php/comercio-e-inversion>)

4.4 Descripción metodológica

4.4.1 Construcción del portafolio

Para construir el modelo se tomó como base la teoría de Markowitz, el cual pretende maximizar los rendimientos con un riesgo implícito asociado, o según el enfoque Minimizar el riesgo con una rentabilidad objetivo.

Los cálculos matemáticos, backtesting, ponderaciones y graficas de la frontera eficiente se hicieron a través de la herramienta MatLab debido a su ventaja para el manejo de bases de datos y optimización de portafolios. Para extraer la bases de datos de las paridades se contó con la plataforma View Trader Meta Trader 4 y la página del BoardsOf Governors of the Federal Reserve System. De ellas se obtuvieron los precios Open,

High, Low y Close diarios de cada una de las monedas.

Para el presente estudio se tomó el precio típico de las divisas, que se obtiene de la siguiente ecuación:

$$\text{PrecioTipico} = \frac{\text{High} + \text{Low} + \text{Close}}{3}$$

Ecuación (11) Precio Típico.

Esta determinación surge debido a que ninguno de los precios, por si solos, cuenta con la suficiente información del movimiento del día. Por lo tanto, la fórmula del precio típico se hace óptima debido a que calcula el valor medio de los precios máximos, mínimos y de cierre.

Durante el proceso se estandarizaron las datas de las divisas seleccionadas, tomando como precio inicial el registrado del 01 de Marzo de 2002 hasta el 31 de Marzo del 2015. La finalidad de tomar 13 años de historia obedece a que en el trayecto de la historia abarcamos crisis financieras, recesiones, crecimientos económicos, posguerras, globalización etc.

Ya En Matlab, se implementan las fórmulas matemáticas de la teoría de Markowitz expuestas en el marco teórico y se procede a graficar la frontera eficiente, el portafolio con la máxima rentabilidad y el punto en donde se concentra el mínimo riesgo.

Como paso siguiente se haya el valor de riesgo máximo al que podemos incurrir al poner en practica la estrategia del fondo, a través del cálculo del VaR Paramétrico y el VaR por simulación histórica, de los cuales se hace un comparativo para encontrar el más favorable para el rango de datos seleccionados.

Una vez construido el modelo se evalúan los resultados y se procede a ser un backtesting para ver la similitud de los datos frente a 5 rangos de fechas, divididos de la siguiente manera: del 2002 al 2004, del 2005 al 2007, del 2008 al 2010, del 2011 al 2013 y del 2014 a lo corrido del 2015.

En cada uno de ellos se obtuvo un portafolio óptimo y los cálculos de riesgo y rentabilidad diario y anual.

A su vez se puede determinar gráficamente como es el comportamiento del VaR, en cada punto de la historia y se llega a tomar una decisión de las pérdidas y ganancias observadas.

Finalmente, se evalúan los datos estadísticos y se da solución al problema de investigación propuesto.

4.5 Modelación

4.5.1 Modelo optimización de portafolio

Según lo expuesto por Harry Markowitz (1952) en su teoría de optimización, el primer paso a seguir fue la obtención de los rendimientos diarios de cada uno de los activos del fondo a través de la fórmula en Matlab:

$$\text{Rend} = \log(\text{TD}(2:\text{end}, :) / \text{TD}(1:\text{end}-1, :)) * 100;$$

Donde,

TD = Matriz de activos del portafolio

Adicional se halló la matriz de Covarianzas y los rendimientos promedio a través de las fórmulas:

$$\begin{aligned} \text{Covarianza} &= \text{cov}(\text{Rend}) / 100; \\ \text{RendProm} &= (\text{sum}(\text{Rend}) / n); \end{aligned}$$

Donde,

n = Número de filas de la matriz

Tabla 1. Rendimientos promedio

	Rendimiento Prom
EUR/USD	0.00536%
USD/JPY	-0.00261%
USD/CAD	-0.00562%
AUD/JPY	0.00689%
GBP/JPY	-0.00155%
EUR/JPY	0.00276%
USD/COP	0.00289%
USD/MXN	0.01271%

USD/BRL	0.00747%
USD/ARS	0.03172%

Fuente: Elaboración propia

Con la obtención de estas variables se procede a determinar la Frontera Eficiente, que según por criterio propio estaría compuesta por 100 posibles portafolios.

A su vez, se haya el portafolio con las ponderaciones que mejor optimizan la inversión a través de la fórmula:

weights = estimateMaxSharpeRatio(p);
donde;

p = Portafolio compuesto por Rendimientos promedio y Covarianzas

Previo a ello se le deja una restricción de que los pesos que vaya a asignar sumen el 100% de la inversión y de que deje abierta la posibilidad a entradas en largo y corto.

Tabla 2. Ponderaciones Portafolio óptimo

	Portafolio
EUR/USD	21.2%
USD/JPY	0.0%
USD/CAD	0.0%
AUD/JPY	7.9%
GBP/JPY	0.0%
EUR/JPY	0.0%
USD/COP	0.9%
USD/MXN	24.1%
USD/BRL	0.0%
USD/ARS	45.9%

Fuente: Elaboración propia

A través de la fórmula

[risk, ret] = estimatePortMoments(p, weights);

Se halla la combinación que mejor representa la optimización de la rentabilidad frente a un riesgo determinado diariamente. Adicional se calcula el valor anual de los resultados.

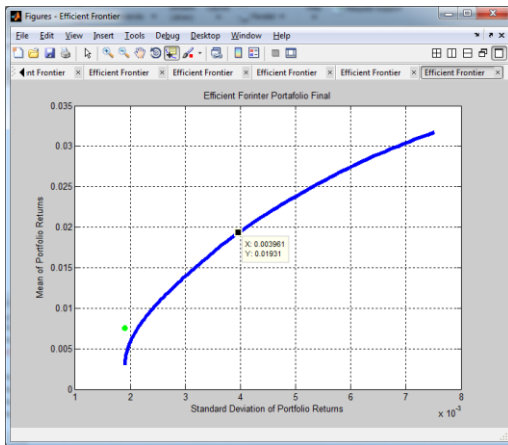
Tabla 3. Porcentajes Máxima Rentabilidad

Rango	Maxima Rentabilidad			
	Diario		Anual	
	Rent	Risk	Rent	Risk
PORTAFOLIO	0.0193%	0.0040%	7.303%	6.287%

Fuente: Elaboración propia

A continuación se representa de manera gráfica los resultados obtenidos

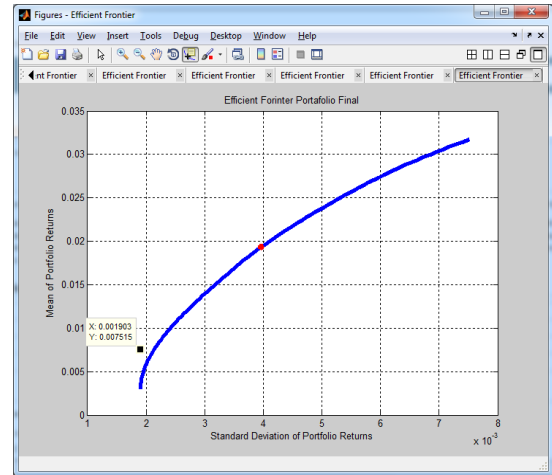
Grafica 2. Frontera Eficiente. Punto de optimización de portafolio



Fuente: Elaboración propia modelados en MatLab

Como paso final dentro del modelo se halla el punto donde se minimiza el riesgo asociado a una rentabilidad, con el fin de tomar decisiones según el perfil de riesgo establecido.

Grafica 3. Frontera Eficiente. Punto de Minimización de Riesgo



Fuente: Elaboración propia modelados en MatLab

Tabla 4. Porcentajes Mínimo Riesgo Diario y Anual.

Mínimo Riesgo			
Diario		Anual	
Rent	Risk	Rent	Risk
0.0075%	0.0019%	2.78%	3.02%

Fuente: Elaboración propia

4.5.2 Calculo del VaR.

Con el fin de homogeneizar el cálculo de los diferentes riesgos asociados al proyecto y definir la máxima pérdida probable en la posición anteriormente ejecutada, se acude a la metodología de VaR por Simulación Histórica y Va Paramétrico de los cuales a continuación se presenta su desarrollo:

4.5.2.1 VaR Por Simulación Histórica.

A través de los cálculos por Simulación Histórica se simulan escenarios futuros sobre el comportamiento de las variables financieras, basados en la serie de datos homogénea construida en pasos anteriores.

Se construye una serie de rendimientos del portafolio, que se obtiene de la sumatoria de los rendimientos promedio diarios individuales por la multiplicación de las ponderaciones obtenidas en el modelo de Markowitz bajo la siguiente formula:

$$\text{RendPort} = \text{Rend} * \text{weights};$$

Donde,

Rend = Matriz de Rendimiento diarios
 weigts= Ponderaciones de los activos dentro del portafolio

Posterior se estima la serie alternativa del factor de riesgo, basados en los datos de rendimientos obtenidos y las ponderaciones de los activos

```
n=4062;
m=10;
SimHisto=zeros(n,m);

SimHisto=TD(end:end,:).* exp(Rend(1:1,:)/100);

fori=2:n

SimHisto(i,:)=SimHisto(i-1,:).*
exp(Rend(i,:)/100);

end

SimHisto=SimHisto * weigts;
```

Como paso final se halla las pérdidas y ganancias diarias, según la inversión inicial.

```
Inversión=100000000;
Unidades= Inversión / SimHisto(1:1,:);
Cartera=SimHisto .* Unidades;
PyG=(Cartera(2:end, :)- Cartera(1:end-1, :));
```

Obtenido los cálculos anteriores se procede a sacar el percentil con un nivel de confianza del 99%, según lo establecido por la legislación Colombiana y los valores en unidades monetarias de la simulación, tanto diaria como anual.

```
VaRPesosDiario=abs(prctile(PyG,0.99));
VaRPercent=VaRPesos/Inversion;
VaRPesosAnual=abs(VaRPesosDiario*(252)^(0.5));
```

El modelo arroja la máxima pérdida que se podría alcanzar a través de la puesta en marcha del modelo

Tabla 5. Máxima Perdida obtenida a través del modelo Va por Simulación Histórica

VaR Sim Historica	
Diario	Anual
2,208,143.33	35,053,188.69

Fuente: Elaboración propia

4.5.2.2. VaR Paramétrico.

Para el cálculo y modelación del Va paramétrico se tomó la sumatoria de la volatilidad diaria de los activos, con un nivel de confianza del 99%, correspondiente a un 2.33, según la tabla de distribución normal estándar. y se procede a calcular las pérdidas, basados en la inversión inicial y la ponderación de los activos arrojados en el modelo de Markowitz

```
DistNorm99=2.33;
VolatD=std(Rend/100);
```

```
VaRParDiaria=sum((Inversion*DistNorm99*(
VolatD*(1)^0.5))*weigts);
```

```
VaRParAnual=sum((Inversion*DistNorm99*(
VolatD*(252)^0.5))*weigts);
```

Para facilidad en la comparación, se hallan los Va diarios y anuales

```
VaRParDPor=VaRParDiaria/Inversion;
VaRParAPor=VaRParAnual/Inversion;
```

Tabla 6. Máxima Perdida obtenida a través del modelo Va Paramétrico.

VaR Sim Parametrico	
Diario	Anual
1,560,739.20	24,775,966.78

Fuente: Elaboración propia

Con la finalidad de tomar una decisión acerca del Va más adecuado para el modelo y la consistencia de los porcentajes de inversión, se realizaron 5 Backtesting donde se corre el modelo anteriormente expuesto y se comparan los resultados obtenidos los cuales en el siguiente apartado se describirán uno a uno.

4.6 Análisis de los Resultados

Finalizada la modelación se obtuvieron los siguientes resultados:

- a. El modelo de Markowitz arroja una inversión óptima, descartando el 50% de los activos dejando tan solo las paridades EUR/USD con un 21.20%, AUD/JPY con un 7.9%, USD/COP con un 0.9%, USD/MXN con un 24.10% y USD/ARS con un 45.9%.

Como se puede notar el porcentaje prioritario se lo establece a la paridad Dólar Estadounidense / Peso Argentino. Esto puede corresponder al constante crecimiento del precio, reflejando un alza de más de cuatro veces su valor inicial en 2002. Ahora, la economía Argentina ha manejado altos índices de inflación haciendo que se incrementen los precios en los bienes y servicios.

Tabla 7. Datos históricos IPC Argentina, según el INDEC del 2002 al 2014

Año	IPC Anual
2002	25,9%
2003	13,4%
2004	4,4%
2005	9,6%
2006	10,9%
2007	8,9%
2008	7,2%
2009	7,7%
2010	10,9%
2011	9,5%
2012	10,8%
2013	10,9%
2014	23,9%

Fuente: Expansión, Datos Macro (<http://www.datosmacro.com>)

Esto puede ser ocasionado por el crecimiento del dinero en circulación, que favorece una mayor demanda, las bajas tasas de interés y las restricciones cambiarias de dicho país.

Analizando a su vez los resultados de los backtesting se denota la misma tendencia a lo largo de la historia. Tan solo en el periodo de 2002 al 2004 obtuvo una baja participación.

Tabla 7. Porcentaje de participación del USD/ARSen el portafolio del según estadísticas del Backtesting.

	USDARS
2002-2004	2.35%
2005-2007	50.62%
2008-2010	88.85%
2011-2013	50.02%
2014-2015	63.17%

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, la participación de monedas como el EUR/USD no presenta una tendencia clara y estable. A pesar de las altas y bajas que ha sufrido la moneda, el modelo la descarta entre los años 2008 y 2015. Lo que no es un dato confiable para el estudio.

Tabla 8. Porcentaje de participación del EUR/USD en el portafolio del según estadísticas del Backtesting.

	EURUSD
2002-2004	75.65%
2005-2007	10.24%
2008-2010	0.00%
2011-2013	0.00%
2014-2015	0.00%

Fuente: Elaboración propia

Analizando por otro lado las paridades con menor participación en el backtesting el **USD/COP** y el **USD/BRL** presentan la menor intensidad, dando bajas o nulas participaciones, lo que las descarta en los modelos

Tabla 9. Porcentaje de participación de las paridades USD/COP y USD/BRL en el portafolio del según estadísticas del Backtesting.

	USDCOP	USDBRL
2002-2004	0.00%	2.08%
2005-2007	1.80%	0.00%
2008-2010	0.00%	0.00%
2011-2013	0.01%	1.37%
2014-2015	0.61%	3.51%

Fuente: Elaboración propia

- b. Ahora, analizando los resultados del VaR por simulación histórica y paramétrico, del Anexo (2), con un nivel de confianza del 99%, no se denota una clara inclinación debido a que según las situaciones económicas de los periodos divididos, tomaba una tendencia que no necesariamente sostenible. Por lo tanto el proyecto se inclinara por las cifras más robustas y de mayor valor, que son las propuestas en el VaR por Simulación Histórica ya que integralmente toma los precios y les da la misma ponderación a través de las pérdidas y ganancias diarias.

5. Conclusiones

Los fondos de inversiones en mercado de divisas merecen un mayor estudio de su viabilidad ya que según los resultados obtenidos, el modelo de Markowitz no es lo suficientemente robusto para establecer una estrategia de mercado, ya que deja de lado los aspectos técnicos y fundamentales propios de la actividad especulativa en el mercado cambiario.

Aunque las rentabilidades pueden llegar a ser significativas, los datos obtenidos en el backtesting no nos muestran una tendencia clara, lo que puede llevar a la materialización del riesgo arrojando pérdidas significativas.

El cálculo del VaR como medición del riesgo es aceptado en la normativa Colombiana. Puede llegar a ser muy volátil y mantener un margen de error, pero nos ayuda claramente a visualizar las pérdidas futuras. En el caso del ejercicio práctico realizado, las pérdidas representaron aproximadamente un 13% Anual siendo acordes al perfil de riesgo del portafolio y guardaban similitud opuesta con los rendimientos que se promediaron en un 11%

6. Recomendaciones

Para completar este trabajo, es preciso combinar metodologías de análisis de volatilidad, análisis macroeconómico, nuevas teorías de optimización de portafolio como la de Black Litterman y administrar de mejor manera todos los riesgos asociados a la implementación del fondo.

Se recomienda a demás, dar continuidad con la investigación ya que se comprueba que puede ser un proyecto viable en el mercado Colombiano y puede llegar a tener aceptación si se establece claramente una estrategia de trading y una optimización del portafolio más precisa.

7. Referencias

- Carbonell, Echavarría. Estructuración de un portafolio óptimo de inversión en divisas representativas del mercado FOREX. Revista Soluciones de Postgrado EIA, Número 2. Medellín, junio de 2008
- López, Francisco. Aplicación del Enfoque de Markowitz al cálculo del Valor en Riesgo (VaR) a un portafolio de divisas, Contaduría y Administración, No. 193, Abril 1999. UNAM.
- Mendizábal Alaitz, Miera Luis y Zubia Marian. El modelo de Markowitz en la gestión de carteras. Trabajo de grado. Universidad del País Vasco. 2002
- BRUN X., MORENO M. Análisis y selección de inversión en mercado financiero-PROFIT-Paginas 135-139.
- Castillo Nayeli. VaR: Análisis para inversiones en divisas. Tesis de maestría.

Universidad Nacional Autónoma de México.
Facultad de Ingeniería. 2011

- Boletín 30. Superintendencia Financiera de Colombia. Capítulo XXI reglas relativas a la administración de riesgo cambiario. Enero – Febrero 2011
- 24 de Julio de 2008. Buzón del inversionista. *El Portafolio*. Recuperado de www.portafolio.co