Aplicación del modelo Black-Litterman para la construcción de un portafolio de renta fija global, mediante la estructuración de un *benchmark* propio y estrategia de cobertura vía *forwards*

Black-Litterman model application for the construction of a global fixed income portfolio, by structuring its own *benchmark* and hedging strategy via *forwards*

Elaborado por:

Carl Vincet Mc Master Molina

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Magister en Administración Financiera

Asesor de trabajo de grado:

Msc. Juan Carlos Botero Ramírez

UNIVERSIDAD EAFIT

ESCUELA DE ECONOMÍA Y FINANZAS

MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN FINANCIERA - MAF

MEDELLÍN

2022

Resumen

El acceso a diferentes activos de inversión, la búsqueda de alternativas de diversificación y la cuantificación y cobertura de los riesgos asociados a los portafolios, son factores de alta relevancia a la hora de construir y administrar portafolios de inversión con alcance internacional. De ahí, que el objetivo del presente trabajo se centra en la aplicación del modelo Black-Litterman para la construcción de un portafolio de renta fija global, compuesto por activos ETFs *high yield* e *investment grade*, así como por bonos soberanos de países desarrollados. Asimismo, con el fin de aumentar la cobertura, la capacidad de diversificación y minimizar el riesgo, se presenta un *benchmark* construido con base en diferentes índices de renta fija global y activos de la misma categoría. Finalmente, se propondrá la utilización de una estrategia de cobertura vía *forwards* con el fin de mitigar el riesgo inherente a la devaluación de la divisa.

Palabra clave: Black-Litterman, Renta Fija Global, *Benchmark*, Cobertura y Diversificación.

Abstract

The access to different investment assets, the search for diversification, and the application of measures as for quantification and hedging risk are relevant factors for building and managing international investment portfolios. Therefore, the objective of the present paper aims to the application of Black-Litterman portfolio model on building a global fixed income portfolio, which is made up of *high yield* and *investment grade* ETFs, as well as developed countries government bonds. Furthermore, in order to increase hedging, diversification ratio, and to minimize risk, a *benchmark*, which is made up of both global fixed income indices and assets from the same category will be built. Finally, a hedging strategy will be proposed through *forwards* in order to minimize the inherent risk due to currency depreciation.

Keyword: Black-Litterman, Global Fixed Income, *Benchmark*, Hedging and Diversification.

Tabla de contenido

Lista de tablas

Lista de ecuaciones

1. Introducción

El estudio de la estructuración y administración óptima de carteras de inversión o portafolios ha sido un tema abordado por muchos autores. Tal y como lo argumentan G. Cooper y J. Edgett (s.f.), existen cuatro objetivos principales en la administración de portafolios: (i) la búsqueda de maximización del retorno; (ii) la correcta selección de activos; (iii) la estructuración óptima alineada con los objetivos del inversionista y (iv) el establecimiento de limitantes con respecto a los recursos de inversión.

Así mismo, Markowitz (en Grajales, 1952), establece que todo proceso de construcción de portafolios de inversión radica en la selección de activos financieros, cuya combinación garantice una rentabilidad específica al mínimo nivel de riesgo posible, y medido como la desviación estándar del portafolio. De esta forma, la combinación eficiente de activos que garantice la maximización del retorno según niveles de riesgo del inversionista ha sido objeto de estudio a lo largo de los años, al punto que diferentes teorías han sido desarrolladas alrededor de este tema.

En este sentido, el modelo de Black Litterman es una de las teorías que ha cobrado mayor relevancia, en comparación con otras desarrolladas en torno a la construcción de portafolios eficientes. La justificación del modelo radica, mediante el uso de estadística bayesiana, en la estimación del retorno esperado del portafolio, a través de la incorporación de las expectativas del inversionista en cuanto al comportamiento futuro de los activos que componen el portafolio (Idzorek, 2019).

Con relación a lo anterior, es correcto inferir que existe un riesgo inherente detrás de cada activo que compone el portafolio. Echaust (2014) establece que las empresas son conscientes del riesgo congénito a la realización de su actividad. Muchos de esos riesgos son asumidos y manejados con naturalidad por las empresas porque son inherentes a la industria o sector económico en el que se mueven. Sin embargo, de ahí pueden derivarse otros riesgos, la mayoría de carácter financiero, los cuales pueden eventualmente atentar contra los resultados operacionales y, al menos en principio, no deberían ser asumidos por las empresas. Estos últimos riesgos pueden ser mitigados o incluso eliminados, mediante el correcto uso de derivados financieros. Tal y como lo establecen Ochoa y González (2014), uno de los objetivos de la utilización de derivados financieros radica en la transferencia de riesgos de mercado o de crédito a otros agentes que puedan administrarlos de una mejor manera. En otras palabras, establecer una función de cobertura.

Por otra parte, De la Torre Torres y Martínez Torre-Enciso (2017) establecen la importancia de la selección de un *benchmark* eficiente contra el cual se pueda medir el resultado del proceso de selección de portafolios, pues el uso de un índice inadecuado conducirá a resultados que no serán óptimos desde el punto de vista riesgo-retorno. En este sentido, para el presente trabajo se decidió no trabajar con un *benchmark* específico, sino realizar la construcción de uno propio, estructurado con diferentes índices publicados en Bloomberg (s.f.).

Actualmente, el mercado ofrece diferentes *benchmark* que bien podrían ser utilizados en la realización del presente trabajo, pues tienen dentro de su composición algunos de los activos *high yield* o *investment grade* que se pretenden utilizar en la estructuración del portafolio. Sin embargo, Bailey (1992) afirma que la cobertura de un *benchmark* se logra cuando éste capta efectivamente los activos que compondrán el portafolio, constituyéndose en una tarea prácticamente inalcanzable, pues la totalidad de activos podría no estar incluida en la composición del *benchmark* seleccionado, llevando al inversionista a optar por activos que posiblemente estén fuera de su experticia o sector empresarial. En consecuencia, surge la posibilidad de estructurar un *benchmark* propio compuesto por índices de renta fija globales, así como de activos, también de renta fija, de tal manera que busque garantizar un alto grado de cobertura y diversificación en la composición del portafolio.

Con base en lo planteado anteriormente, mediante la construcción de un *benchmark* propio y la aplicación de coberturas vía *forwards* de divisas, el objeto de estudio del presente trabajo se centra en la aplicación del modelo Black-Litterman para la construcción de un portafolio de renta fija global medido en dólares americanos, para un horizonte de tiempo de un año.

2. Situación de estudio

Markowitz (en Bosiga, s.f.), desarrolló la teoría moderna de estructuración de portafolios, mediante el análisis de media-varianza, maximizando el retorno esperado, según el nivel correspondiente de riesgo que el inversionista está dispuesto a tomar, o lo que es lo mismo, obtener la menor desviación estándar posible para un nivel de retorno deseado. Posteriormente, y con base en la teoría de Markowitz, Jack Treynor (1961, 1962), William F. Sharpe (1964), John Lintner (1965a,b) y Jan Mossin (1966) introducen el modelo *Capital Asset Princing Model* (CAPM), basado en dos factores fundamentales. En Primer~~o~~ lugar, establece que los inversionistas pueden prestar o pedir prestado cierta cantidad de dinero a la tasa libre de riesgo. Y en segundo lugar, ~~se~~ refiere a que todos los inversionistas tienen expectativas homogéneas, es decir, analizan el comportamiento de los activos de la misma forma y convergen al mismo resultado con relación a su comportamiento futuro (Elbannan, 2014).

Según Michaud (1989), la utilización del modelo de Markowitz genera ciertos inconvenientes a la hora de establecer la frontera eficiente mediante la optimización de media-varianza. Entre ellos, señala Michaud (1989), tiende a sobrestimar la distribución óptima de capital al concentrar la atención en el activo que presente mayor retorno, baja correlación y mínima varianza, sin tener en cuenta otros activos que, sacrificando puntos porcentuales mínimos en el retorno, puedan ofrecer un mayor grado de diversificación en el portafolio. Además de asumir que el comportamiento del precio de los activos a futuro presentará variaciones similares a lo observado históricamente.

Por estas razones, Fischer Black y Robert Litterman (1992) desarrollan y publican su modelo como respuesta al propuesto por Markowitz, permitiendo al inversionista establecer sus propias expectativas en los retornos de los activos que componen el portafolio (Idzorek, 2019). De hecho, Franco Arbeláez, Avendaño Rúa y Barbutín Díaz (2010) en su trabajo: *Modelo de Markowitz y Modelo de Black-Litterman en la Optimización de Portafolios de Inversión,* realizan una comparación en cuanto a la aplicabilidad, ventajas y obstáculos de ambas teorías en torno a investigaciones de diferentes autores.

Así mismo, Franco Arbeláez, Avendaño Rúa, y Barbutín Díaz (2010) afirman que uno de los inconvenientes del modelo de Black-Litterman, es que considera que los retornos y los errores en las estimaciones de los activos se distribuyen normalmente, algo que no siempre se da en los mercados financieros. Es bien conocido que asumir normalidad en los retornos podría subestimar la probabilidad de ocurrencia de eventos extremos (eventos de cola). Si bien se han desarrollado numerosas investigaciones a nivel mundial en torno a la aplicación del modelo en activos de renta variable, la literatura es bastante más limitada tratándose de activos de renta fija. Sobre esta última clase de activo sobresalen trabajos como el propuesto por Aguirre Tovar y Cardona Llano (2017), centrado en la construcción de un portafolio de renta fija compuesto por Títulos de Tesorería (TES) colombianos y el de Maggiar (2009) enfocado en la administración de un portafolio activo de renta fija. Es justamente la poca evidencia de la existencia de investigaciones sobre la aplicabilidad del modelo Black Litterman en renta fija, lo que genera el interés por desarrollar el presente trabajo, contribuyendo así a la discusión sobre la conformación de un portafolio global de un activo tan relevante como este.

Ahora bien, la mayoría de las firmas son conscientes del riesgo inherente a cada actividad económica, siendo precisamente el adecuado manejo de esos riesgos la fuente de su beneficio económico. Existen, sin embargo, otros riesgos no controlados, de carácter financiero, como por ejemplo los movimientos inesperados en la tasa de cambio. Cabe anotar que este riesgo puede ser reducido, o incluso eliminado, mediante el uso de derivados financieros, tales como *forwards*, futuros, opciones y *swaps* (Echaust, 2014). De ahí, que se pueda inferir que inversionistas que tengan porcentajes importantes de su capital asignado a activos internacionales, pero que tengan límites en cuanto a la proporción de esas inversiones, se pueden dejar descubiertas, es decir, expuestas al riesgo de moneda, que necesitan recurrir a instrumentos que permitan reducir dicho riesgo. Una herramienta de mitigación de esos riesgos, la cual será igualmente objeto de estudio en el presente trabajo, es el uso de *forwards* de divisas (Rashty & O'Shaughnessy, 2012). Según Salazar (2009, pág. 35), el método de cobertura mediante el uso de *forwards* consiste en asegurar el precio de la divisa en el futuro con una contraparte que asegure un valor fijo. En otras palabras, eliminar el riesgo cambiario mediante el aseguramiento del pago futuro de la divisa.

Por último, Bailey (1992) rescata la importancia de los administradores en la selección de un *benchmark* adecuado en la construcción y seguimiento de un portafolio. Buenos *benchmarks* incrementan la capacidad de generar altos rendimientos, a la vez que permiten un mejor control del riesgo. Por su parte, aquellos *benchmarks* no tan buenos dirigen la atención a una distribución ineficiente de los recursos para los activos que componen el portafolio. Es entonces donde la selección de un *benchmark* cobra alta importancia. De hecho, en el trabajo De la Torre Torres y

Martínez Torre-Enciso (2017) se rescata la importancia de la correcta selección de un *benchmark*, siendo uno de los pasos más sensibles en la construcción de un portafolio. En este sentido, en el presente trabajo se presenta un *benchmark* propio, con base en los diferentes índices globales de renta fija, así como de activos ETFs[1] *high yield* e *investment grade*. Lo anterior se realiza con el fin de establecer un *benchmark* cuyas características cumplan los criterios establecidos por Bailey (1992) de alta cobertura y reducción del riesgo, permitiendo así un mayor grado de diversificación del portafolio.

En este sentido, el objetivo de investigación del presente trabajo establece, para un inversionista cuyo horizonte de tiempo se centra en un año, la estructuración de un portafolio de renta fija global a partir del modelo Black-Litterman, mediante la construcción de un *benchmark* propio y la selección de activos tales como bonos soberanos de países desarrollados, ETF *high yield* e *investment grade* de regiones como América Latina, Europa, Estados Unidos y Asia. Posteriormente, se utilizará una herramienta para cobertura del riesgo de tasa de cambio a través del uso de derivados financieros, específicamente *forwards* de divisas, para finalmente analizar los resultados.

[1] ETF por sus siglas en inglés de *Exchange Traded Fund* o Fondo Transado en Bolsa.

3. Objetivos

3.1. General

Aplicar el modelo de Black-Litterman para la construcción de un portafolio de renta fija global, mediante la estructuración de un *benchmark* propio y una estrategia de cobertura vía *forwards*.

3.2. Específicos

- Describir el modelo de Black-Litterman para la construcción de portafolios.
- Establecer los índices globales que serán parte de la estructuración del *benchmark* propio a utilizar.
- Identificar qué activos y de qué regiones específicas, harán parte del portafolio de inversión.
- Estimar los retornos esperados del portafolio mediante las expectativas del comportamiento de los activos seleccionados.
- Estimar qué tan volátil se espera se comporte el portafolio en el largo plazo y cuál será el nivel de pérdida máxima esperada para el horizonte de inversión.
- Establecer una estrategia de cobertura vía *forwards* de divisas como medida de minimización del riesgo de tasa de cambio.
- Analizar si la estrategia es factible para un inversionista a la hora de construir portafolios basados en activos de renta fija global.

4. Marco teórico

4.1. Modelo Black-Litterman

El modelo Black-Litterman, mediante el uso de estadística bayesiana, permite combinar las perspectivas sobre el comportamiento de los activos con la distribución eficiente de los mismos en la creación del portafolio óptimo (Idzorek, 2019). De esta forma, el modelo permite al inversionista establecer el nivel de sensibilidad en cuanto a la exposición, estableciendo expectativas (*views*) para los retornos esperados de cada activo considerado (Black & Litterman, 1992).

En este sentido, Idzorek (2019) fundamenta que el modelo realiza una optimización inversa, teniendo como punto de partida los retornos implícitos de equilibrio, para finalmente predecir los retornos esperados en concordancia con las perspectivas del inversionista. Lo anterior se evidencia en lo siguiente: se parte de la función de utilidad del portafolio para el inversionista[2]:

Ecuación 1. Función de utilidad para el inversionista

$$U = W^T R - \frac{1}{2} \lambda W^T \Sigma W \qquad (1)$$

Donde:

W: Matriz de los pesos ponderados de la capitalización de mercado de cada activo, donde $W_i = \frac{Capitalización\ de\ mercado_i}{\sum_{i=1}^{n} Capitalización\ de\ mercado_n}$, siendo n el número de activos en el portafolio.

R: Vector de retornos esperados.

[2] El procedimiento detallado en este apartado, las expresiones matemáticas y su significado, fueron realizados con base en Black & Litterman (1992) e Idzorek (2019).

λ: Nivel de aversión al riesgo, donde $\lambda = \frac{Rp-Rf}{\sigma^2}$,

Σ: Matriz de varianza-covarianza del portafolio.

Lo anterior, teniendo en cuenta que $\sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{n}} W_i = 1$ siendo n el número de activos en el portafolio.

El siguiente paso consiste en maximizar la función de utilidad con respecto a los pesos ponderados de la capitalización de mercado de cada activo (W). De (1):

$$\frac{\partial U}{\partial W} = R - \lambda\Sigma W = 0, \qquad entonces$$

$$R = \lambda\Sigma W$$

De esta forma, se establecen los excesos de retorno de equilibrio del mercado para cada uno de los activos considerados, conocido en la literatura como el vector π. Por lo tanto:

Ecuación 2. Excesos de retorno de equilibrio

$$\pi = \lambda\Sigma W \tag{2}$$

Posteriormente, se introduce la matriz de los *views* del inversionista (Q), y la matriz que identifica las expectativas (P), donde la primera, según afirma García (2018), es el vector de las expectativas del inversionista para cada activo correspondiente, es decir, cuál es retorno que el inversionista espera que tenga el activo en el futuro. Por su parte, la matriz P define a qué activo(s) va dirigida la expectativa correspondiente, teniendo en cuenta que el total de los elementos de la fila correspondiente deberá sumar 0.

$Q = \begin{bmatrix} n1 \\ \vdots \\ N_K \end{bmatrix}$; $P = \begin{bmatrix} n_{1,1} & \cdots & n_{1,k} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ n_{k,1} & \cdots & N_K \end{bmatrix}$, para *k* expectativas del inversionista.

En concordancia con lo anterior, según Idzorek (2019), los *views* pueden expresarse en términos absolutos estableciendo un determinado exceso de retorno para un activo, o en términos relativos, considerando un comparativo entre activos. Por ejemplo, puede considerarse que el activo A tendrá un comportamiento por encima o por debajo del activo B. En el trabajo realizado por Idzorek (2019) puede verse un ejemplo detallado de cómo establecer las matrices Q y P, según expectativas propuestas por mera liberalidad del autor. Así mismo, Su y Benzschawel (2015) establecen diferentes metodologías para la estimación de los *views* del inversionista, por lo que para el desarrollo del presente documento se tomará como base el trabajo publicado por los autores mencionados para la estimación de los *views* de los activos que harán parte del portafolio.

Ahora bien, las expectativas no son hechos reales, son solo opiniones a discreción del inversionista. Dicha incertidumbre, tal y como lo menciona Idzorek (2019), se traduce en un vector de errores que se distribuye de forma normal $\varepsilon \sim N(0, \Omega)$, donde Ω representa la matriz diagonal de las varianzas de las incertidumbres de las expectativas. De allí nace uno de los supuestos del modelo Black-Litterman, asumiendo que los retornos y los errores de las expectativas siguen una distribución normal, entendidos estos últimos como la diferencia entre el retorno esperado dada la expectativa del inversionista y el retorno real del activo. Entonces:

$$Q = \begin{bmatrix} n1 \\ \vdots \\ N_K \end{bmatrix} + \varepsilon, \ \ considerando: \varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon 1 \\ \vdots \\ \varepsilon_K \end{bmatrix} \sim N \begin{bmatrix} \varepsilon 1 \\ \vdots \\ \varepsilon_K \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \Sigma_{1,1} & 0 & 0 \\ 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & \Sigma_K \end{bmatrix}, \text{para } k \text{ expectativas.}$$

Según Idzorek (2019), el interés principal en la formulación de la matriz Ω radica en su diagonal, pues el modelo Black-Litterman sugiere que las expectativas son independientes (no presentan correlación con las demás expectativas), por lo que la varianza de la incertidumbre de las expectativas depende únicamente de sí misma y no de las varianzas de las demás. En consecuencia, los elementos fuera de la diagonal (covarianzas de las incertidumbres), al no ser una variable determinante en las incertidumbres de las expectativas, asumirían entonces el valor de cero.

En consideración a lo anterior, el modelo Black-Litterman introduce un escalar t (tao) que pondera la matriz Σ. Tal y como lo afirma Idzorek (2019), el escalar es inversamente proporcional al nivel de confianza del inversionista, y establece que su valor es cercano a cero y depende del nivel de certidumbre o confianza del inversionista al momento de establecer la expectativa del retorno esperado. Bosiga (s.f.), afirma que niveles cercanos a cero indican alta confianza en los retornos esperados, mientras que niveles cercanos a 1 no generan un impacto considerable en Σ. Por tanto, el escalar podrá tomar valores entre 0 y 1 dependiendo de la confianza en los retornos esperados. No obstante, Lee (en Idzorek, 2019) normalmente determina en sus trabajos el rango del comportamiento del escalar t entre 0.01 y 0.05.

En este sentido, se establece que:

Ecuación 3. Matriz Ω

$$\Omega = tP\Sigma P^T \tag{3}$$

Finalmente, la fórmula general del modelo Black-Litterman establece dos puntos a considerar. El primero, la confianza que se tiene en π, en términos de $(t\Sigma)^{-1}$; y la segunda, la confianza con respecto a las expectativas Q, en términos de $P^T\Omega^{-1}$. Así las cosas, el modelo establece lo siguiente:

Ecuación 4. Modelo Black-Litterman

$$E(R_{BL}) = [(t\Sigma)^{-1} + P^T\Omega^{-1}P]^{-1}[(t\Sigma)^{-1}\pi + P^T\Omega^{-1}Q] \tag{4}$$

Donde,

$[(t\Sigma)^{-1} + P^T\Omega^{-1}P]^{-1}$: Matriz de covarianza o incertidumbre de los retornos esperados.

$[(t\Sigma)^{-1}\pi + P^T\Omega^{-1}Q]$: Promedio ponderado entre los excesos de retornos de equilibrio y las expectativas de los retornos esperados.

Ecuación 5. Ponderaciones

$$W_{BL} = \frac{Z\ value_i}{\sum_{i=1}^{n} Z\ value_n} \qquad (5)$$

Donde,

$Z\ value_i = \left(\lambda\Sigma_p\right)^{-1} E(R_{BL})$: representa el valor con el cual el modelo Black-Litterman realiza la ponderación de los pesos óptimos.

$\Sigma_p = \Sigma + [(t\Sigma)^{-1} + P^T\Omega^{-1}P]^{-1}$: representa la nueva matriz de varianza-covarianza del modelo, donde el subíndice *p* se utiliza solamente para diferenciar la matriz de varianza-covarianza de la obtenida por el modelo Black-Litterman.

5. Método de solución

Tal y como se mencionó anteriormente, se consideró un año como horizonte de inversión en la realización del presente trabajo. Para tales fines, la recolección de la data histórica, tanto de los índices como de los activos, se realizará a través de plataformas tales como Bloomberg, Investing, iShares, ETF Database, entre otras, con una ventana de tiempo comprendida entre octubre del 2013 hasta mayo del 2022.

Para la construcción del *benchmark* propio a ser utilizado en este análisis se trabajará con datos históricos de los índices globales de renta fija obtenidos de la lista presentada en Bloomberg (s.f.), así como con ETFs *high yield* e *investment grade*. Finalmente, se asumirá una ponderación *equally weighted* para la distribución porcentual en el total de los índices y activos tomados para la construcción del *benchmark*.

Una vez definido y construido el *benchmark* propio, se procederá a encontrar el portafolio de riesgo óptimo conformado por activos de renta fija, para lo cual se considerarán ETFs *high yield* e *investment grade* para cada región en particular. Luego se definirá el portafolio completo, es decir, el porcentaje a invertir en los activos de riesgo de renta fija óptimos, de acuerdo con el modelo Black-Litterman, y el porcentaje a invertir en los activos libres de riesgo, para lo cual se seleccionarán bonos soberanos de varios países desarrollados. Por último, para el cálculo de las primas de riesgo de los activos de renta fija considerados, se tomará como tasa libre de riesgo el rendimiento de los bonos soberanos de los Estados Unidos de América (*Treasury Bonds*) a un año de plazo, pues, siguiendo el planteamiento de Baldridge y Curry (2021), están soportados por la confianza y crédito del país, ya que nunca han caído en incumplimiento de obligaciones financieras (*default*).

La selección de activos que harán parte del portafolio estará fundamentada en la realización de la regresión econométrica del modelo CAPM, con el fin de instituir un criterio de selección basado en el R^2 obtenido para cada activo en particular. El objetivo final del planteamiento anterior se basa en establecer un nivel razonable de explicación del comportamiento de los retornos del activo según el *benchmark* propio.

Consecutivamente, para la construcción de los *views* de cada activo (matriz P y Q), se tomará como referencia el trabajo de Su y Benzschawel (2015), el cual, entre sus postulaciones y sugerencias, establece la realización de un modelo econométrico autorregresivo de orden 1 (AR1) como forma de estimación de los retornos esperados de cada activo.

Posteriormente, se construirá el portafolio empleando la metodología de Black-Litterman, descrita en el apartado anterior, estableciendo las expectativas con respecto al comportamiento de los retornos esperados según cada activo (*views*), para finalmente estimar los pesos óptimos teóricos arrojados por el modelo.

Adicionalmente, se propone aplicar un modelo *GARCH* para establecer cómo se comportará la volatilidad del portafolio construido en el largo plazo, bajo condiciones normales de mercado. Así mismo, se estimará el *Value at Risk* (*VaR)* del portafolio para determinar cuál será la pérdida esperada del portafolio en un horizonte de tiempo respectivo.

Por último, se aplicará cobertura vía *forwards* de divisas, con el fin de reducir el riesgo inherente a la devaluación del peso con respecto al dólar estadounidense, y se analizará si la estrategia de cobertura es viable para un inversionista cuyos intereses radican en modelar un portafolio a partir del modelo Black-Litterman con activos de renta fija global.

6. Desarrollo

6.1. Construcción del *Benchmark*

Tal y como se mencionó anteriormente, el *benchmark* propio construido para el presente trabajo estará compuesto por índices de renta fija globales y de activos *high yield* e *investment grade* obtenidos de Bloomberg (s.f.), así como de activos ETFs *high yield* e *investment grade* obtenidos de iShares (s.f.). De esta forma, según Bailey (1992), se permite una mayor cobertura y reducción del riesgo, y por tanto, un grado considerable de diversificación del portafolio.

En este sentido, de Bloomberg (s.f.) se seleccionaron los siguientes índices globales: Bloomberg Global-Aggregate Total Return Index Value Hedged (LEGATREH), Bloomberg Global Aggregate Ex-JPY Total Return Index Value (LG22TRUU), Bloomberg Global High Yield Total Return Index Value Hedged USD (LG30TRUH), y Bloomberg Global Agg Corporate Total Return Index Value (LGCPTRUU). Estos índices están constituidos por bonos de tesorería, bonos soberanos y corporativos, así como de activos *high yield* e *investment grade* de emisores de países emergentes, en desarrollo y desarrollados.

Por otra parte, se seleccionaron ETFs *high yield*: AnEck Vectors High Yield Municipal Index (HYD), Vanguard High Yield Dividend Yield (VYM) y ETFs *investment grade*: SPDR Portfolio Short Term Corporate Bond (SPSB). Según VettaFi (s.f.), dichos activos reflejan el comportamiento de otros activos de la misma categoría, y están compuestos por compañías con niveles atractivos en cuanto a retorno de los títulos de deuda corporativa y reflejan el comportamiento de otros activos financieros, otorgando un buen nivel de confianza y diversificación al inversionista.

La selección de los índices y activos mencionados anteriormente, considerando una ponderación *equally weighted* en las participaciones porcentuales, permitieron cumplir con uno de los objetivos principales en la construcción del *benchmark* propio. Es decir, obtener un grado razonable en la explicación del comportamiento de los activos de renta fija mediante el estadístico R^2, el cual será el centro de estudio en el siguiente apartado, para posteriormente permitir una medida de control en el comportamiento del portafolio.

6.2. Regresión econométrica modelo CAPM

El objetivo de realizar la regresión econométrica propuesta en el modelo CAPM radica en obtener un grado de explicación de los retornos de los activos que formarán parte del portafolio, por parte del *benchmark* construido. Es decir, se pretende buscar que el *benchmark*, mediante la obtención del estadístico R^2, explique en un grado considerable el comportamiento de los activos. Una metodología similar se puede observar en el trabajo de Aguirre Tovar y Cardona Llano (2017).

Ecuación 6. Regresión modelo CAPM

$$R_i - R_f = \alpha + \beta \left[R_m - R_f \right] \qquad (6)$$

Donde: R_i se refiere a la rentabilidad esperada del activo

R_f es la tasa libre de riesgo

β es el Beta del activo respecto al mercado

$R_m - R_f$ se refiere a la prima de riesgo de equilibrio, con R_m representando el retorno de equilibrio del mercado, en este caso el retorno de equilibrio del *benchmark* propio.

En este sentido, como punto de partida se consideraron inicialmente 7 ETFs *high yield* y 5 *investment grade*, para un total de 12 activos. A continuación, se presenta una tabla de los activos:

Tabla 1. Canasta de activos

Categoría	Ticket	Nombre
HIGH YIELD	*HYXU*	iShares International High Yield Bond ETF
	EMHY	iShares J.P. Morgan EM High Yield Bond ETF
	GHYG	iShares US & Intl High Yield Corp Bond ETF
	HYG	iShares iBoxx $ High Yield Corporate Bond ETF
	JNK	SPDR Bloomberg Barclays High-Yield Bond
	DEM	WisdomTree Emerging Markets High Dividend Fund
	AHYG	iShares USD Asia High Yield Bond ETF
INVESTMENT GRADE	*SLQD*	iShares 0-5 Year Investment Grade Corporate Bond ETF
	IGLB	iShares 10+ Year Investment Grade Corporate Bond ETF
	VCIT	Vanguard Intermediate-Term Corporate Bond ETF
	LQD	iShares iBoxx $ Investment Grade Corporate Bond ETF
	IGSB	iShares 1-5 Year Investment Grade Corporate Bond ETF

Fuente: realización propia con base en datos obtenidos de iShares (s.f.).

Posteriormente, siguiendo la ecuación (6), se realiza la respectiva regresión del modelo para cada activo presentado anteriormente. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla 2. Resultados de la regresión

	β			
Activo	**Coef**	**T_Student**	**P-Valor**	**R^2**
HYXU – R_f	1.6896	40.0218	0.0000	48.66%
EMHY – R_f	1.5244	48.3513	0.0000	58.05%
GHYG – R_f	1.3785	62.5010	0.0000	69.81%
HYG – R_f	1.4453	39.7412	0.0000	48.31%
JNK – R_f	1.4389	39.8420	0.0000	48.43%
DEM – R_f	2.4557	22.8252	0.0000	23.54%
AHYG – R_f	0.9569	16.1926	0.0000	13.39%
SLQD – R_f	0.3265	37.6145	0.0000	45.57%
IGLB – R_f	1.7172	37.9656	0.0000	46.03%
VCIT – R_f	1.0773	43.0589	0.0000	52.32%
LQD – R_f	1.5329	42.0159	0.0000	51.09%
IGSB – R_f	0.5360	30.9364	0.0000	36.15%

Fuente: realización propia con base en datos obtenidos de iShares (s.f.).

De los resultados anteriores se evidencia que el *benchmark* propio tiene un grado o poder explicativo considerable en cuanto al comportamiento de los retornos de los activos seleccionados. Así mismo, cabe resaltar el resultado obtenido para el estadístico β o pendiente del modelo, el cual, para un nivel de confianza del 95%, denota que sus coeficientes son significativos.

De esta forma, siguiendo el planteamiento de Perold (2004), mediante el estadístico β se establece cómo se comporta un determinado activo con respecto al mercado (*benchmark*), midiendo de esta forma el riesgo sistemático. De acuerdo con los resultados obtenidos, se evidencia que la mayoría de los activos adquieren un comportamiento más volátil que el mercado, ya que sus coeficientes arrojan valores mayores a 1. En otras palabras, por cada punto porcentual en exceso de retorno en el mercado, el retorno del activo se comportará más o menos β veces.

Por tanto, en consideración a los resultados obtenidos y con el fin de cumplir con el objetivo principal de la construcción del *benchmark,* se decide construir el portafolio mediante el modelo Black-Litterman con aquellos activos de renta fija cuyo comportamiento es razonablemente explicado por el *benchmark,* tomando como criterio de selección: $R^2 \geq 45.57\%$. Así las cosas, los ETFs finalmente seleccionados son: HYXU, EMHY, GHYG, HYG, JNK, SLQD, IGLB, VCIT y LQD.

6.3. Retornos esperados (*views*)

Tal y como lo sugiere Su y Benzschawel (2015), se realizará un modelo autorregresivo de orden 1 (AR1) que permita estimar el comportamiento de los retornos de los activos para el horizonte de tiempo en cuestión. Dado que el presente trabajo contempla un horizonte de inversión de un año, se utilizará el modelo autorregresivo para estimar T+365, tomando el último retorno estimado como una expectativa futura en la estructuración de las matrices P y Q del modelo Black-Litterman. De esta manera, Su y Benzschawel (2015) proponen utilizar el siguiente modelo:

Ecuación 7. Modelo AR1

$$r_{i,t} = \beta_{i,0} + \beta_{i,1}\, r_{i,t-1} + \varepsilon_i\,, \quad i = 1,2,\ldots,N \tag{7}$$

Para finalmente estimar el retorno del activo i en el período T mediante la expresión:

$$\hat{R}_{i,T} = \hat{\beta}_{i,t} + \hat{\beta}_{i,1}\, r_{i,T} + \varepsilon_i$$

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la modelación anterior para cada activo, tanto en frecuencia diaria como anual. Cabe resaltar que lo obtenido son resultados meramente producto de una modelación matemática, por lo que un inversionista puede utilizar diferentes metodologías para establecer sus propios *views*.

Tabla 3. Retorno esperado T+365

Activo	Diario	Anual
HYXU	0.0144%	3.6162%
EMHY	0.0133%	3.3466%
GHYG	0.0127%	3.2029%
HYG	0.0087%	2.1924%
JNK	0.0107%	2.6939%
SLQD	0.0001%	0.0360%
IGLB	0.0096%	2.4167%
VCIT	0.0022%	0.5494%
LQD	0.0090%	2.2705%

Fuente: realización propia con base en datos obtenidos de iShares (s.f.).

7. Resultados

7.1. Resultados del portafolio

Una vez establecidos los retornos futuros o *views,* se procede a estructurar el portafolio, utilizando la metodología Black- Litterman. Inicialmente, de la ecuación (1) se evidencia un parámetro λ de 5.35, por lo que, según los datos de mercado aplicados para el modelo, se espera que un gran porcentaje del capital a invertir esté dirigido a activos libres de riesgo. Para este caso, bonos soberanos de países desarrollados.

No obstante, se resalta nuevamente que el parámetro λ es producto de un modelo matemático que considera el comportamiento del *benchmark* en el establecimiento del nivel de aversión al riesgo. Por tanto, así mismo como en la estructuración de los *views*, el inversionista puede a discreción establecer su propio nivel de aversión y especificar el modelo con base en la cuantía propuesta.

Para establecer las matrices P y Q, y por tanto la matriz diagonal Ω, se estructuraron seis *views* relativos para los activos en cuestión, entendiendo que algunos activos obtendrán retornos mayores o menores con relación a los demás. Para ello, se tomaron los *views* absolutos presentados en el apartado anterior y se realizó una comparación del estimado T+365 de cada activo con respecto a los demás.

Así las cosas, la aplicación del modelo Black-Litterman arroja los siguientes resultados:

Tabla 4. Portafolio con cortos

Activo	**Retornos Black-Litterman**	***Z_value***	***Allocation***
HYXU	0.6843%	-0.2275	-23.31%
EMHY	1.1738%	-0.1638	-16.79%
GHYG	1.1244%	0.2610	26.75%
HYG	1.9347%	0.1573	16.12%
JNK	1.8708%	-0.0755	-7.74%
SLQD	0.5679%	0.0235	2.41%
IGLB	3.3324%	0.0142	1.46%
VCIT	2.4100%	0.6690	68.57%
LQD	3.4309%	0.3174	32.54%

Fuente: realización propia con base en datos obtenidos de iShares (s.f.).

La distribución obtenida por el modelo establece un retorno anual del 2.9% y una volatilidad anual de 7.5%, teniendo en cuenta la posibilidad de realizar operaciones en corto en los activos que allí se especifican. En la actualidad, por medio de *brokers*, plataformas de *trading* u otros mecanismos que ofrece el mercado, es posible invertir en dichos activos y realizar operaciones en corto.

Ahora bien, a continuación, se presenta la estructuración de un portafolio con restricción de cortos y cantidad mínima de inversión para cada activo. La restricción se establece de la siguiente manera:

$$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1, \qquad \forall \quad w_i \geq 0.05$$

De esta forma se condiciona el proceso de optimización a invertir al menos 5 % en cada uno de los activos considerados. De lo contrario, la optimización tiende a maximizar la utilidad, distribuyendo la totalidad de capital al activo cuyo mayor retorno arroje el modelo, posiblemente aquel cuya volatilidad o estadístico β sea igualmente mayor. Por tanto, se va en contra del criterio de diversificación, pues se está concentrando la inversión en un solo activo. Si bien, condicionar el modelo a un 5% mínimo de inversión por activo puede considerarse bajo, es una cantidad que, para el número de activos que componen el portafolio, permite un nivel razonable de diversificación en los ETFs *high yield* e *investment grade*.

A continuación, se presenta el portafolio con restricciones:

Tabla 5. Portafolio con restricciones

Activo	**Retornos Black-Litterman**	**Allocation**
HYXU	0.6843%	5.00%
EMHY	1.1738%	5.00%
GHYG	1.1244%	5.00%
HYG	1.9347%	5.00%
JNK	1.8708%	5.00%
SLQD	0.5679%	5.00%
IGLB	3.3324%	5.00%
VCIT	2.4100%	5.00%
LQD	3.4309%	60.00%

Fuente: realización propia con base en datos obtenidos de iShares (s.f.).

Se resalta que el activo LQD obtuvo la mayor participación, la cual se atribuye a que posee una mayor capitalización bursátil (iShares, s.f.), y, por tanto, a la hora de estimar la vector π de excesos de retorno equilibrio (ver ecuación (2)), el respectivo *view* T+365 tendrá una mayor participación en la estimación de los retornos del modelo Black-Litterman.

Así las cosas, para un portafolio con restricciones se obtiene un retorno anual de 2.7% y una volatilidad anual de 7.5%. En efecto, se evidencia que la optimización tiende a distribuir el capital al activo con mayor retorno. Dado el resultado anterior, para un portafolio sin cortos y con la restricción de inversión mínima por activo, es correcto considerar que se obtiene un retorno menor con respecto al portafolio sin restricciones. Sin embargo, para el caso con restricciones, se obtiene un grado de diversificación mayor, característica fundamental a la hora de obtener portafolios eficientes.

Una vez establecido el retorno anual esperado para los ETFs, el paso a seguir es establecer la cuantía de la inversión en los bonos soberanos de países desarrollados, considerados igualmente como activos libres de riesgo. Lo anterior con el fin de obtener el portafolio completo, es decir, aquel compuesto por activos de riesgo (en este caso activos de renta fija con riesgo) y por activos sin riesgo (bonos soberanos considerados). Vale señalar que para ello se tuvieron en cuenta los bonos a un año que ofrecían los *yields* más altos y que, al ser emitidos por países desarrollados, tienen una menor probabilidad de *default*.

Para tales efectos, se seleccionaron los bonos de Estados Unidos, Polonia, Canadá, Corea del Sur y Australia, como activos que formarán parte del portafolio. La distribución de capital asignada a cada uno de ellos se realizó mediante la herramienta Solver de Excel, estimando la participación óptima de capital que maximiza el retorno obtenido por el promedio ponderado entre el *yield* de los bonos soberanos y la participación inicial designada como punto de partida, sujeto a la condición de invertir por lo menos un 10 % en cada uno de los bonos. Esto se realizó igualmente para garantizar un nivel de diversificación, así como de ampliar fronteras de inversión para el inversionista. Por tanto, el resultado obtenido fue el siguiente:

Tabla 6. Distribución de bonos de estado

Bono	***Yield***	***W***
Estados Unidos	1.9980%	10.0%
Polonia	6.2230%	60.0%
Canadá	2.5000%	10.0%
Corea del Sur	2.2860%	10.0%
Australia	2.2090%	10.0%

Fuente: realización propia con base en datos obtenidos de Investing (s.f.).

Cabe resaltar que los bonos soberanos de Polonia obtuvieron la mayor participación. Tal y como Radu (2018) plantea en su artículo, en 2018 este país fue considerado por el FTSE[3] como

[3] Financial Times and Stock Exchange por sus siglas en inglés.

desarrollado, pasando de pertenecer del FTSE Emerging All Cap Index, con una participación de 1.33%, al FTSE Developed All Cap Index, con una participación de 0.15%. Ya es bien conocido que a mayor riesgo se obtiene mayor retorno en compensación al riesgo que el inversionista está dispuesto a tomar. Por tanto, es correcto afirmar que, en países desarrollados, rara vez se evidencia un *yield* tan alto debido a la baja la probabilidad de *default*, por lo que bien podría inferirse que, hasta la fecha, parte del rendimiento de los bonos de Polonia, a pesar de estar categorizados como *investment grade* en grado A (WorldGovernmentBonds, s.f.), continúa con comportamientos similares a los de países en desarrollo, donde existe un riesgo mayor en la inversión.

Ahora bien, la distribución presentada anteriormente arroja un retorno anual de 4.6%. Por su parte, la distribución del capital total destinado ETFs, tanto *high yield* como *investment grade* (activos de riesgo en nuestro caso), se calculó mediante la siguiente expresión:

$$Y = \frac{E(R_{BL}) - R_f}{\lambda \cdot \sigma_{BL}^2}$$

Donde:

Y: Distribución de capital destinada los ETFs, considerados como los activos de riesgo en un portafolio de renta fija. Por tanto, 1 – Y: distribución de capital destinada a los bonos soberanos, considerados como los activos libres de riesgo.

$E(R_{BL})$: Retorno del portafolio obtenido a través del modelo Black-Litterman.

σ_{BL}^2: Varianza del portafolio del modelo Black-Litterman.

Mediante la expresión anteriormente mencionada, se obtuvo la distribución eficiente de capital, según el nivel de aversión al riego, para cada uno de los activos. Finalmente, para establecer el retorno total anual de la inversión, se realiza un promedio ponderado de los retornos obtenidos, tanto del portafolio de ETFs como de la distribución de los bonos soberanos y su respectiva distribución eficiente calculada con la expresión anterior. A continuación, se presentan los resultados:

Tabla 7. Retorno total anual

Categoría activos	**Retorno**	**Distribución**
ETFs	2.713%	23.5%
Bonos	4.633%	76.5%
Retorno total anual	**4.183%**	**100.0%**

Fuente: realización propia con base en datos obtenidos de iShares (s.f.) e Investing (s.f.).

Tal y como se presenta en la tabla anterior, para un portafolio compuesto de activos *high yield,* e *investment grade* y bonos soberanos, teniendo en cuenta un alto grado de aversión al riesgo, se obtiene un retorno total anual de 4.18% en dólares.

Sin embargo, tal y como se planteó anteriormente, el nivel de aversión al riesgo está sujeto a cada inversionista en cuestión, y no al cálculo matemático realizado por el modelo Black-Litterman. Por esta razón, con el fin de modelar diferentes perfiles de riesgo (conservadores, moderados y agresivos), se presenta una sensibilización del parámetro λ, modelando escenarios de posibles retornos según diferentes niveles de aversión al riesgo. En la Tabla 8 se presenta dicha sensibilización:

Tabla 8. Sensibilización del grado de aversión al riesgo

Grado aversión	Distribución de capital a ETFs									
	10.0%	20%	23%	30.0%	40%	50.0%	60%	70.0%	80.0%	90%
5.00	4.42%	4.21%	4.14%	4.01%	3.80%	3.59%	3.38%	3.17%	2.96%	2.75%
5.35	4.44%	4.25%	4.18%	4.06%	3.87%	3.67%	3.48%	3.29%	3.10%	2.91%
5.50	4.45%	4.26%	4.20%	4.08%	3.89%	3.71%	3.52%	3.34%	3.15%	2.97%
6.00	4.47%	4.31%	4.26%	4.15%	3.99%	3.83%	3.67%	3.51%	3.35%	3.19%
6.50	4.50%	4.36%	4.31%	4.22%	4.09%	3.95%	3.81%	3.68%	3.54%	3.40%
7.00	4.52%	4.41%	4.37%	4.30%	4.18%	4.07%	3.96%	3.85%	3.73%	3.62%
7.50	4.54%	4.46%	4.43%	4.37%	4.28%	4.19%	4.10%	4.01%	3.93%	3.84%
8.00	4.57%	4.50%	4.48%	4.44%	4.38%	4.31%	4.25%	4.18%	4.12%	4.06%
8.50	4.59%	4.55%	4.54%	4.51%	4.47%	4.43%	4.39%	4.35%	4.31%	4.27%
9.00	4.62%	4.60%	4.60%	4.59%	4.57%	4.55%	4.54%	4.52%	4.51%	4.49%
9.50	4.64%	4.65%	4.65%	4.66%	4.67%	4.67%	4.68%	4.69%	4.70%	4.71%
10.00	4.67%	4.70%	4.71%	4.73%	4.76%	4.79%	4.83%	4.86%	4.89%	4.92%

Fuente: realización propia con base en datos obtenidos de iShares (s.f.) e Investing (s.f.).

En la tabla anterior se evidencian diferentes niveles de aversión al riesgo, al igual que diferentes posibilidades en la distribución eficiente de capital destinado a ETFs. Para aquellas variaciones de parámetros, se obtiene el retorno correspondiente ilustrado en la tabla. De esta manera, es posible concluir que a menor grado de aversión (mayor propensión a tomar riesgo), mayor será la distribución del capital hacia los activos *high yield* e *investment grade* y, por tanto, mayor será el retorno esperado, pues se expone a sí mismo a un nivel de riesgo mayor.

7.2. Medida de volatilidad y riesgo

7.2.1. Modelo GARCH

Bollerslev (en García, 2018) establece que la intención del modelo *GARCH* radica en estimar las varianzas futuras de los activos mediante las varianzas históricas y el pronóstico de estas. Así mismo, el objetivo principal de la utilización del modelo en la realización del presente estudio, establece una modelación sobre cómo deberían comportarse los retornos del portafolio en condiciones normales de mercado.

De hecho, Ceballos & Etac (2019) establece que, mediante el uso de modelos *GARCH*, puede estimarse la volatilidad de los activos de una forma más acertada ya que responde al fenómeno de agrupamiento de volatilidad, el cual puede ser entendido como una tendencia de seguimiento, donde grandes cambios en los precios de los activos tienden a ser explicados por otros grandes cambios (Vojtko & Cisar, 2021). De esta forma, el modelo establece:

Ecuación 8. Modelo GARCH

$$\sigma_t^2 = \gamma v_L + \sum_{i=1}^{r} \alpha_i Y_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^{s} \beta_j \sigma_{t-j}^2 \tag{8}$$

Teniendo en cuenta que,

$$W = \gamma v_L\ ;\ \alpha + \beta < 1;\ v_L = \frac{W}{1 - \alpha - \beta}$$

Donde,

σ_t^2: Varianza estimada del activo.

v_L: Varianza de largo plazo del activo.

Y: Retorno del activo.

En este sentido, se estima la volatilidad en condiciones normales de mercado, mediante el uso de la expresión presentada en la ecuación (8). Así, se obtienen los siguientes resultados:

$$\sigma_t^2 = 0.077 * 1.263E - 05 + 0.153Y_{t-i}^2 + 0.770\sigma_{t-j}^2$$

De la expresión anterior, se destacan los resultados de las variables de interés del presente apartado, γ y v_L. Para el primero, se considera un valor relativamente alto, por lo que se infiere que la volatilidad del portafolio tenderá a niveles normales de mercado en un tiempo menor. Para el segundo, se obtuvo una varianza $1.263E - 05$, y por tanto una volatilidad diaria de 0.355% y anual de 5.642%. De esta forma, se logra concluir que la volatilidad obtenida en el portafolio Black-Litterman (7.546%) tenderá, en condiciones normales de mercado, a niveles de 5.642% en el largo plazo.

7.2.2. ***Value at Risk*** **(*VaR*)**

Jorion, Penza y Bansal, Best y Dowd (en Johnson, 2001) establece que el *VaR* permite cuantificar, bajo un determinado nivel de confianza, cuál será la pérdida esperada de una inversión en un periodo de tiempo determinado. Al tomar el ejemplo planteado por Johnson (2001), y considerando un nivel de confianza del 95%, se busca estimar cuál será la pérdida esperada que tendrá la inversión el 5% de las veces. En otras palabras, qué tanto puede esperarse que la inversión no genere rentabilidad durante el 5% del tiempo determinado.

Si bien existen diferentes métodos y variaciones para calcular el *VaR*, que incluyen aspectos como supuestos estadísticos fuertes y/o análisis de distribuciones de probabilidad, el presente trabajo utilizará la metodología de simulación histórica ya que, según (Oppong, Asamoah,

& Oppong, 2016) asume que los retornos pasados son un buen estimador de los retornos futuros y los factores de riesgo se deducen de las observaciones históricas.

Así las cosas, el cálculo para el portafolio construido en el apartado anterior arroja un *VaR* de 6.41%. Es decir, que con un 95% de confianza, la pérdida esperada no superará el 6.41% del capital total invertido en un día, durante el horizonte de tiempo considerado para la inversión.

7.3. Cobertura vía *forwards*

La realización de una inversión trae consigo un riesgo inherente a cada actividad económica, siendo el motivo principal de las variaciones en los retornos esperados, pues el manejo de los recursos determinará el nivel de utilidades. La realización del presente estudio contempla retornos en moneda extranjera, razón por la cual es correcto inferir que existe un riesgo de carácter financiero, donde el movimiento en la tasa de cambio afectará las utilidades obtenidas en la moneda local.

En este sentido, la minimización en la exposición a las variaciones en las tasas de cambio resulta imperativo a la hora de establecer posibles retornos en moneda local, ya que están ligados a un riesgo de devaluación. Por esta razón, siguiendo el planteamiento de Salazar (2009), la utilización de *forwards* resulta un mecanismo atractivo en la minimización del riesgo en las variaciones en las tasas de cambio, pues consiste en asegurar el precio de la divisa en el futuro para un monto determinado.

Al realizar la consulta de cotización de las tasas *forward* a un año para el peso colombiano mediante la plataforma de Bloomberg, se evidencia que el mercado estará dispuesto a comprar dólares a una tasa de 4.534,13 COP/USD. Por tanto, el pactar dicha estrategia de cobertura a la tasa consultada, se garantiza, con un grado de confianza para el inversionista, la minimización en la exposición del riesgo cambiario, pues el impacto de las fluctuaciones en la tasa de cambio no genera repercusión al momento de monetizar el retorno en moneda local. No obstante, cabe resaltar que la cobertura vía *forwards* garantiza una tasa futura, mas no un retorno concreto. El riesgo mayor radica en el retorno en moneda extranjera, pues está ligado a las variaciones del mercado, lo que podría generar fluctuaciones en las estimaciones obtenidas a través del modelo Black-Litterman.

8. Conclusiones

- La aplicación del modelo Black-Litterman permite al inversionista establecer sus propias perspectivas en cuanto al comportamiento de los retornos futuros de los activos del portafolio. Esto disminuye la dependencia de establecer un modelo de equilibrio, donde solo se consideran los comportamientos históricos de los activos, y permite, a través del modelo, incidir en la distribución eficiente de capital y, por lo tanto, en el retorno obtenido por el inversionista.
- La selección y/o construcción de un buen *benchmark* resulta imperativo a la hora de estructurar un portafolio, ya que permite alcanzar no solo mejores rendimientos, sino un mejor control del riesgo. Igualmente, un buen *benchmark* va a permitir la diversificación y alcance hacia diferentes activos de manera eficiente. La utilización de un solo índice global de renta fija como *benchmark* podría haber desviado la atención de activos atractivos hacia otros no tan prometedores, reduciendo alcances y posibilidades en la maximización de la utilidad para el inversionista.

- Una correcta estructuración del *benchmark* permite no sólo acercase a los planteamientos del modelo CAPM, sino también aumentar el alcance y diversificación a la hora de construir el portafolio. De esta forma, dicha construcción permitió obtener un alto grado de explicación en el comportamiento de los retornos de los activos, logrando un R^2 mayor a 45.57% respectivamente, así como, estimar con un grado razonable de confianza el nivel de riesgo sistemático del activo mediante el estadístico β.
- El uso de modelos econométricos autorregresivos se considera una opción viable a la hora de estimar los *views* y, por tanto, las matrices P, Q y Ω. No obstante, existen variables de carácter micro y macroeconómico que igualmente repercuten en el precio de los activos, por lo que para futuros trabajos es viable el uso de diferentes modelos que permitan incluir el comportamiento de variables endógenas y exógenas con el fin de modelar los retornos futuros de los activos.
- A partir de la implementación de un modelo *GARCH*, se logró estimar la volatilidad del portafolio en condiciones normales de mercado, la cual arrojó un valor menor a la volatilidad calculada en el modelo Black-Litterman. Con este resultado, se espera entonces que la variación en el comportamiento de los retornos de los activos del portafolio sea menor en el largo plazo, disminuyendo así el nivel de exposición al riesgo proveniente de movimientos en el precio de los activos.
- Cabe resaltar que la máxima pérdida esperada arrojó un resultado de 6.41%, ya que los activos que componen el portafolio presentan una desviación estándar anual cercana al resultado obtenido por el *VaR*. Por lo tanto, es correcto afirmar que existe una probabilidad de ocurrencia razonable en movimientos fuertes en los retornos de los activos y, por tanto, variaciones en el retorno total anual del portafolio.

- Resulta atractivo para un inversionista el ampliar sus horizontes de inversión hacia activos globales, pues su el retorno esperado de la inversión estará determinado en moneda fuerte. Para el presente trabajo, se presenta una alternativa de inversión a través de activos ETFs *high yield*, *investment grade*, así como en bonos soberanos de países desarrollados.
- En la actualidad existen diferentes plataformas de *trading* que conceden acceso a un inversionista al tipo de activos analizados en el presente documento, por lo que la modelación, aplicación y accesibilidad real del modelo es latente. Así mismo, la mayoría de estas plataformas permiten realizar operaciones en corto, siendo una opción interesante para aplicar el modelo Black-Litterman, teniendo expectativas negativas en el comportamiento de los activos.
- La cobertura mediante *forwards* minimiza la exposición del inversionista al riesgo de devaluación de la moneda local ya que garantiza una tasa de cambio futura. No obstante, el mayor riesgo inherente a la inversión está en la fluctuación en el precio de los activos del portafolio. Si bien el retorno anual fue estimado, éste se basa en aproximaciones y no define la totalidad del comportamiento del mercado, por lo que el retorno podrá igualmente verse afectado tanto de forma positiva como negativa. Sin embargo, la inversión en moneda extranjera genera un grado de diversificación importante, pues permite acceder a opciones de inversión diferentes a las ofrecidas en el país local.
- El modelo Black-Litterman es un modelo matemático que sostiene bases estadísticas y financieras sólidas. Sin embargo, no contempla perfectamente la individualidad y el comportamiento propio de cada inversionista. De ahí, que en la aplicación del modelo se sugiere que el inversionista tome sus propios criterios en cuanto a la estructuración de los

views y en el grado de aversión al riesgo, incluso, en la misma distribución que sugiere el modelo.

9. Referencias

Aguirre Tovar, M., & Cardona Llano, J. F. (2017). *Portafolio de activos de renta fija TES colombianos construido a partir de la aplicación de un modelo Black-Litterman*. Obtenido de Universidad EAFIT: https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/11950/JuanFelipe_CardonaLlano_MiguelFernando_AguirreTovar_2017.pdf?sequence=2

Arango Castillo, S., & Zapata Nohavá, D. (Agosto de 2021). *Portafolio de activos compuesto por contratos de futuros sobre índices*. Obtenido de Universidad EAFIT: https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/30557/Portafolio%20de%20activos%20compuesto%20por%20contratos%20de%20futuros%20sobre%20i%CC%81ndices%20bursa%CC%81tiles%20a%20partir%20del%20modelo%20Black-Litterman%20Definitivo.pdf?sequence=2

Bailey, J. (1992). Evaluating Benchmark Quality. *Financial Analysts Journal*, 33-39.

Baldridge, R., & Curry, B. (7 de Mayo de 2021). *Understanding The 10-Year Treasury Yield*. Obtenido de Forbes: https://www.forbes.com/advisor/investing/10-year-treasury-yield/

Black, F., & Litterman, R. (1992). Global Portfolio Optimization. *Financial Analysts Journal*, 28-43.

Bloomberg. (s.f.). *Bloomberg Fixed Income Indices*. Obtenido de https://www.bloomberg.com/markets/rates-bonds/bloomberg-fixed-income-indices

Bosiga, J. S. (s.f.). *Modelo Black-Litterman: Aplicación al mercado de renta variable colombiano*. Obtenido de Universidad de los Andes: https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/13062/u713980.pdf?sequence=1

Ceballos, R., & Etac, N. (2019). *Forecasting the Volatilities of Philippine Stock Exchange Composite Index Using the Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity Modeling*. Obtenido de https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1904/1904.00749.pdf

De la Torre Torres, Ó., & Martínez Torre-Enciso, M. (2017). *Pruebas de cointegración para demostrar el beneficio de emplear un portafolio de mínima varianza como benchmark en la gestión de fondos de pensiones mexicanos*. Obtenido de Dialnet: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5876175

Echaust, K. (2014). *How Firms Can Hedge Against Market Risk*. Obtenido de Researchgate: https://www.researchgate.net/profile/Krzysztof-Echaust/publication/237081660_How_Firms_Can_Hedge_Against_Market_Risk/links/570bf84a08aea660813b1a91/How-Firms-Can-Hedge-Against-Market-Risk.pdf

Elbannan, M. (2014). The Capital Asset Pricing Model: An Overview of the Theory . *International Journal of Economics and Finance*, 216-228.

Franco Arbeláez, L. C., Avendaño Rúa, C. T., & Barbutín Díaz, H. (2010). *Modelo de Markowitz y Modelo de Black-Litterman en la Optimización de Portafolios de Inversión*. Obtenido de Scielo: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-77992011000100005

G. Cooper, R., & J. Edgett , S. (s.f.). *Portfolio management for new products*. Obtenido de Academia: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/3468542/wp_11-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1648755427&Signature=HEwYIxIul6uXZKiqY7ZpPTQK1OMuk8jNp731VLvUHpvqzWXuRum184~DbQtxrfOPoiiZ-kDCwwvP5lJe1yt1jyjhFTNV1jNDQQnb7142i4u-enzLX2MvyiDS3jzc26CL96ITLz7FCEI9dXKr-KerVwx

García, J. A. (2018). *Modelo de Black-Litterman para la optimización de portafolios con views obtenidos por modelación de volatilidad*. Obtenido de Universidad EAFIT: https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/13207/JorgeAndrei_ValenciaGarcia_2018.pdf?sequence=2

Grajales Bedoya, D. D. (2009). *Gestión de portafolios. Una mirada crítica más allá de Markowitz*. Obtenido de Universidad EAFIT: https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/14022/Portafolio%20management%20A%20critical%20view%20beyond%20Markowitz.pdf?sequence=2

Idzorek, T. M. (3 de Noviembre de 2019). *A Step-By-Step Guide to the Black-Litterman Model Incorporating User-specified Confidence Levels*. Obtenido de SSRN: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3479867

Investing. (s.f.). *Investing*. Obtenido de https://www.investing.com/

iShares. (s.f.). *iShares*. Obtenido de https://www.ishares.com/us

Johnson, C. A. (2001). Value at Risk: Teoría y aplicaciones. *Estudios de Economía*, 217-247.

Maggiar, A. (Septiembre de 2009). *Active Fixed-Income Portfolio Management Using the Black-Litterman Model*. Obtenido de SSRN: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2655810

Michaud, R. O. (1989). *The Markowitz Optimization Enigma: Is 'Optimized' Optimal?* Obtenido de SSRN: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2387669

Ochoa, I. D., & González, C. (08 de Mayo de 2014). *EVALUACIÓN DEL MERCADO DE OPCIONES SOBRE TASAS DE CAMBIO: PERSPECTIVAS PARA UNA MEJOR UTILIZACIÓN*. Obtenido de Universidad EIA: https://repository.eia.edu.co/bitstream/handle/11190/587/REI00067.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Oppong, S. O., Asamoah, D., & Oppong, E. O. (Mayo de 2016). *VALUE AT RISK: HISTORICAL SIMULATION OR MONTE CARLO SIMULATION*. Obtenido de Researchgate: https://www.researchgate.net/publication/323427028_VALUE_AT_RISK_HISTORICAL_SIMULATION_OR_MONTE_CARLO_SIMULATION

Perold, A. F. (2004). The Capital Asset Pricing Model. *Journal of Economics Perspectives*, 3-24.

Radu, S. (2 de Octubre de 2018). *Poland Graduates to Developed Status.* Obtenido de U.S. News: https://www.usnews.com/news/best-countries/articles/2018-10-02/poland-reclassified-as-a-developed-economy-by-the-ftse

Rashty, J., & O'Shaughnessy, J. (Marzo de 2012). *Foreign Currency Forward Contracts and Cash Flow Hedging*. Obtenido de Business Source Complete: https://web-p-ebscohost-com.ezproxy.eafit.edu.co/ehost/detail/detail?vid=2&sid=af3eef9d-f3a2-48e2-a30e-

a848c7257cb7%40redis&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#AN=74291919&db=bth

SALAZAR, J. P. (2009). *DERIVADOS FINANCIEROS COMO ALTERNATIVA DE COBERTURA FRENTE AL RIESGO CAMBIARIO (ESTUDIO DE CASO)*. Obtenido de https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/9203/tesis281.pdf;sequence=1

Su, Y., & Benzschawel, T. (2015). Black-Litterman Asset Allocation Demystified. *Citi Research Bond Portfolio Analysis*, 58.

VettaFi. (s.f.). *VettaFi.* Obtenido de https://etfdb.com/

Vojtko, R., & Cisar, D. (8 de Abril de 2021). *An Analysis of Volatility Clustering of Equity Factor Strategies*. Obtenido de Quantpedia: https://quantpedia.com/an-analysis-of-volatility-clustering-of-equity-factor-strategies/#:~:text=In%20simple%20meaning%2C%20volatility%20clustering%20refers%20to%20a,for%20the%20functionality%20of%20some%20selected%20trading%20strategies.

WorldGovernmentBonds. (s.f.). *Poland Credit Rating.* Obtenido de http://www.worldgovernmentbonds.com/credit-rating/poland/