

Metodologías para la elección de portafolios óptimos de inversión¹

Methodologies for choosing the optimal investment portfolio

Méthodologies pour la sélection de portefeuilles d'investissement optimales

Nelson Eduardo Castaño Giraldo**
ncastano@tdea.edu.co

Fred Restrepo Giraldo***
frestrepo@tdea.edu.co

*Magíster en Matemáticas Aplicadas, Universidad Eafit,
Docente tiempo completo de la Institución Universitaria Tecnológico de Antioquia
Medellín – Colombia

** Magíster en Finanzas, Universidad Eafit,
Docente tiempo completo de la Institución Universitaria Tecnológico de Antioquia
Medellín – Colombia

Fecha de recepción: 12 de mayo de 2014
Fecha de aceptación: 9 de junio de 2014

¹ Este texto presenta los resultados de la investigación: “Portafolios de inversión en el mercado de renta variable colombiano: evaluación de un modelo de programación no lineal”, realizada en el año 2013 por el grupo de investigación Observatorio Público de la Institución Universitaria Tecnológico de Antioquia.

Resumen

El presente trabajo expone la implementación y evaluación de metodologías que permiten conformar, clasificar y seleccionar portafolios de inversión óptimos considerando la preferencia entre el rendimiento y el riesgo del inversionista. En el problema de decisión se consideran estos dos criterios, los cuales están en conflicto entre sí a la hora de decidir la mejor alternativa. Uno de los métodos utilizados es la optimización de la relación rendimiento – riesgo, el cual utiliza conceptos estadísticos como la esperanza matemática, la varianza o desviación típica y herramientas matemáticas como la programación lineal y no lineal con el objetivo buscar la mejor diversificación de inversión en los activos que conforman el portafolio, para maximizar el rendimiento y minimizar el riesgo. Por otro lado, el método multicriterio parte de la base de que el inversionista establece la importancia relativa de cada uno de los criterios de elección (rendimiento - riesgo) para definir una estructura de preferencia entre las diferentes alternativas y asociar un indicador de preferencia que definirá la mejor alternativa. Los resultados arrojados para portafolios conformados por cuatro activos de renta variable muestran que la metodología multicriterio tiene un mejor desempeño al comparar los rendimientos esperados con los rendimientos en tiempo real; ambas metodologías permiten al inversionista la selección de portafolios con rendimientos acordes con su nivel de riesgo.

Palabras clave: *clúster*; portafolios de inversión; renta variable; metodología multicriterio.

Abstract

This paper presents the implementation and evaluation of methodologies to structuring, qualifying and selecting optimal investment portfolios considering the investors' preference for returns and risks. In the decision problem, these two criteria (usually in conflict) are considered when choosing the best alternative. One method used is the optimization of performance, which uses statistical risk concepts such as the mathematical expectation, variance and standard deviation, and mathematical tools such as linear and nonlinear programming; these help seeking for better investment diversification of assets in the portfolio, looking to maximize performance and minimize risk. Furthermore, the multi-criteria method assumes that the investor sets relative importance to each of the selection criteria (return - risk) to define a structure of preference among the different alternatives and associate a preference indicator that defines the best alternative. The results obtained in four-equity portfolios show that the multi-criteria methodology has improved performance when comparing the expected returns with the returns in real time; both methodologies allow investors to choose portfolio returns commensurate with their level of risk.

Keywords: investment portfolios; variable income; multi-criteria

Résumé

Cet article présente la mise en œuvre et l'évaluation des méthodes pour construire, évaluer et sélectionner les portefeuilles d'investissement optimales, en tenant compte de la relation entre le rendement et le risque, ce que constitue la préférence des investisseurs. Dans le problème de décision, ces deux critères (qui s'opposent) sont considérés au moment de choisir la meilleure alternative. Une des méthodes utilisées est celui d'optimiser la relation performance – risque. Elle utilise des concepts statistiques tels que l'espérance mathématique, la varianza, l'écart type et d'autres outils mathématiques tels que la programmation linéaire et non linéaire afin d'obtenir une meilleure diversification de l'investissement des actifs du portefeuille pour optimiser la performance

et minimiser les risques. D'autre part, la méthode multicritère suppose que l'investisseur définit l'importance relative de chacun des critères de sélection (rendement - risque) pour définir une structure de préférence parmi les différentes alternatives et associer un indicateur de préférence qui définisse la meilleure alternative. Les résultats obtenus pour les portefeuilles composés de quatre actifs à revenue variable montrent que la méthodologie multicritère présente une meilleure performance par rapport aux retours espérés avec les rendements en temps réel ; les deux méthodologies permettent aux investisseurs choisir les portefeuilles avec des rendements en rapport avec leur niveau de risque.

Mots-clés: clúster, portefeuilles d'investissement, revenue variable, méthodologie multicritère.

Para citar este artículo / To cite this article / Pour citer cet article:

Castaño, N. E. & Restrepo F. Metodologías para la elección de portafolios óptimos de inversion.
Escenarios: empresa y territorio, 3, pp.

Introducción

Los inversionistas institucionales como los fondos de pensiones, firmas comisionistas y las grandes empresas, realizan esfuerzos en el diseño de portafolios de inversión que permitan maximizar la rentabilidad y disminuir la exposición al riesgo. Las fluctuaciones en la tasa de interés, la tasa de cambio, la tasa de créditos hipotecarios y el precio de las acciones debido a la volatilidad de los precios del mercado han provocado que estas instituciones exploren técnicas y modelos que permitan la conformación de portafolios eficientes.

La motivación por indagar y evaluar modelos para la conformación de portafolios, se centra principalmente en que es un tema nuevo e inexplorado en Colombia, siendo relevante para establecer otros parámetros de investigación, que articulen las herramientas tecnológicas, modelos financieros y procesos de toma de decisiones con base en pronósticos matemáticos con el entorno económico, caracterizado por un proceso de liberalización financiera, proliferación de nuevos productos y servicios en los mercados de capitales, los cuales han permitido nuevas posibilidades de inversión a los diferentes agentes económicos (familias, empresas y gobierno). Así mismo, la volatilidad de los mercados financieros, la complejidad y velocidad de las transacciones financieras han hecho que los riesgos sean cada vez más difíciles de identificar, analizar, controlar y mitigar.

En los mercados financieros, los inversionistas buscan poseer activos que les generen la máxima rentabilidad posible con un mínimo riesgo. Sin embargo, satisfacer estas dos condiciones al mismo tiempo no es tarea fácil, ya que el mercado, generalmente, otorga mayor rentabilidad en activos con alto riesgo y viceversa. Por lo anterior, en las últimas décadas se han venido desarrollando diferentes modelos y técnicas de selección, optimización y administración de portafolios, siendo el pionero Harry Markowitz, quien en 1952 publicó en *The Journal of Finance* el documento histórico “Portfolio selection”, que dio origen a la teoría moderna de portafolios. Posteriormente, esta teoría fue ampliada por el autor en 1959 en su libro *Portfolio selection: efficient diversification* y mejorada por Sharpe en 1964 con la publicación del artículo “Capital asset prices: a theory of market equilibrium under conditions of risk” en *The Journal of Finance*. En 1990, Markowitz, Sharpe y Miller recibieron el Premio Nobel en Ciencias Económicas por el desarrollo del modelo CAPM (*Capital Asset Pricing Model*) o modelo de valuación de activos de capital.

Los inversionistas siempre toman las decisiones de inversión con el objetivo de maximizar la rentabilidad asumiendo el mínimo nivel de riesgo o de minimizar el riesgo con la máxima rentabilidad posible que satisfagan las preferencias de rentabilidad, riesgo y liquidez, ¿Cómo puede un inversionista estimar y seleccionar un portafolio óptimo?

Es necesario indagar sobre la eficiencia de los modelos que ayudan a determinar un portafolio de inversión, y si es necesario un modelo que permita hacer constantes modificaciones al portafolio establecido para un periodo de tiempo.

Con el objetivo de estructurar un portafolio de inversión en el mercado de renta variable colombiano, que le permita a un inversionista maximizar la rentabilidad de acuerdo con su perfil de riesgo, se analizan y evalúan diferentes metodologías, una de estas se fundamenta en la teoría de portafolios y el estudio de la frontera eficiente, la cual se implementa con un modelo de programación no lineal el cual consiste en la optimización de una función objetivo sujeto a una serie de restricciones. El resultado de la implementación arroja una proporción o porcentaje de inversión sobre cada uno de los activos que compone el portafolio. Para dicha implementación se recopila información de fuentes secundarias (libros y páginas de Internet) acerca de la teoría moderna de portafolios y se elabora una base de datos de valores históricos diarios de algunos activos del mercado bursátil colombiano correspondiente al periodo comprendido entre marzo de 2012 a marzo de 2014 con el fin de implementar y evaluar dicha metodología.

Otra de las metodologías es la de “multicriterio”, la cual parte de la base de que el inversionista establece la importancia relativa de cada uno de los criterios de elección (rendimiento - riesgo) para definir una estructura de preferencia entre las diferentes alternativas y asocia un indicador de preferencia que definirá la mejor alternativa. La necesidad de aplicar un método multicriterio se presenta cuando existe un problema que involucre la comparación, jerarquización y valoración de un conjunto de alternativas respecto a criterios requeridos para tomar una decisión. Estos métodos encuentran una estrecha relación con las finanzas, área cuyo eje central gira en decisiones de asignación eficiente del capital y el manejo correcto de los recursos escasos. Para Zopounidis y Doumpos (1999) existen cuatro tipos de problemas de decisión aplicables a las finanzas: seleccionar la alternativa más apropiada, clasificar las alternativas en grupos homogéneos y categorizar las alternativas en orden descendente de mejor a peor.

El proyecto implementó cada una de las metodologías mencionadas iniciando con la elección adecuada de los activos del mercado bursátil colombiano que conformaran las carteras, teniendo en cuenta la información histórica de sus rendimientos diarios en el periodo comprendido entre marzo 2012 a marzo 2014 y su nivel de correlación; posteriormente definió la mejor alternativa de diversificación de inversión acorde a la relación rendimiento - riesgo establecida por el inversionista. Los portafolios conformados fueron evaluados según su rendimiento esperado y su rendimiento en tiempo real.

Se estima que el proyecto proporcione una técnica que permita la estructuración de portafolios de inversión que optimice la relación rendimiento - riesgo, de la misma manera comparar las eficiencias que generan los diferentes métodos para determinar la mejor alternativa para el mercado de renta variable colombiano.

1. Metodología

1.1 Elección de activos

Las metodologías analizadas tuvieron una fase inicial la cual consistió en la selección del grupo de activos de renta variable del mercado bursátil colombiano que conformaron los diferentes portafolios. Como criterio de selección se consideraron los siguientes factores:

Capitalización bursátil

Precio global de todas las acciones de una compañía que cotiza en bolsa, el cual se obtiene multiplicando el número de títulos de la empresa por el último precio de los títulos. También puede ser el precio global de todas las acciones que cotizan en un mercado bursátil determinado.

Especies de alta liquidez

Se debe garantizar que las acciones inicialmente seleccionadas pertenezcan al grupo de especies con alta liquidez según la Bolsa de Valores de Colombia y adicionalmente se adhieren aquellas con mayor función de liquidez.

Relación con el índice general del mercado

La relación con el índice general del mercado (Betas) da cierta información de su volatilidad frente al mercado. Con base en las premisas anteriores, se seleccionaron cuatro acciones de mayor capitalización bursátil y liquidez del mercado bursátil en Colombia: Bancolombia, Ecopetrol, Nutresa y Cemargos. Con el grupo seleccionado se pasó a la siguiente fase para determinar la frontera eficiente.

1.2 Frontera eficiente

El rendimiento esperado de una cartera es una media ponderada de los rendimientos obtenidos de los activos que la conforman; la contribución de cada uno de estos al rendimiento de la cartera dependerá de su rendimiento esperado y de la parte proporcional del valor de mercado inicial de la cartera. La matriz de covarianzas determina el riesgo de la cartera, esta considera la relación existente entre las variabilidades de cada una de los activos.

Con distintos rendimientos y riesgos podemos elegir las mejores combinaciones de los mismos, es decir, las mejores carteras. Este procedimiento se realiza a través de la Teoría de Selección de Carteras (*Portfolio Selection Theory*) que fue desarrollada por Harry Markowitz durante la década de los cincuenta. Su trabajo es la primera formalización matemática de la idea de la diversificación de inversiones; es decir, el riesgo puede reducirse sin cambiar el rendimiento esperado de la cartera. Según esta teoría, se trata de buscar primeramente cuáles son las carteras que proporcionan el mayor rendimiento para un riesgo dado, al mismo tiempo que soportan el mínimo riesgo para un rendimiento conocido. A estas carteras se las denomina eficientes. El conjunto de carteras eficientes se puede determinar resolviendo los programas cuadráticos y paramétricos, que se muestran en la Tabla 1.

En la actualidad son muchas las herramientas computacionales que le permiten a un inversionista encontrar los portafolios de la frontera eficiente, siendo el Excel una de la más utilizadas, porque con su componente Solver es posible desarrollar el modelo de optimización que se necesita. Al graficar el conjunto de portafolios eficientes se obtiene la línea de frontera eficiente de Markowitz, que está curvada positivamente y es cóncava con su origen. Ahora, teniendo esta línea, el inversionista procede a seleccionar su portafolio óptimo, el cual será diferente para cada inversionista, según sea el grado de aversión al riesgo.

Tabla 1. Programas cuadráticos y paramétricos de los modelos no lineales

	Programa 1	Programa 2
Función objetivo	$\text{Max } E_p = \sum_{i=1}^{i=n} x_i E_i$	$\text{Min } \sigma_p^2 = \sum_{i=1}^{i=n} \sum_{j=1}^{j=n} x_i x_j \sigma_{ij}$
Restricciones paramétricas	$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^{i=n} \sum_{j=1}^{j=n} x_i x_j \sigma_{ij} = V^*$	$E_p = \sum_{i=1}^{i=n} x_i E_i = E^*$
Restricciones presupuestarias	$\sum_{i=1}^{i=n} x_i = 1$	$\sum_{i=1}^{i=n} x_i = 1$
No negatividad	$\forall x_i \geq 1$	$\forall x_i \geq 1$

Programas cuadráticos y paramétricos de la Teoría de Selección de Carteras

Fuente: elaboración propia

Para la construcción de la frontera eficiente se toma como base los parámetros presentados en Tabla 2.

Tabla 2. Rendimiento diario y variabilidad de los activos de renta variable para el periodo marzo 2012- marzo 2014

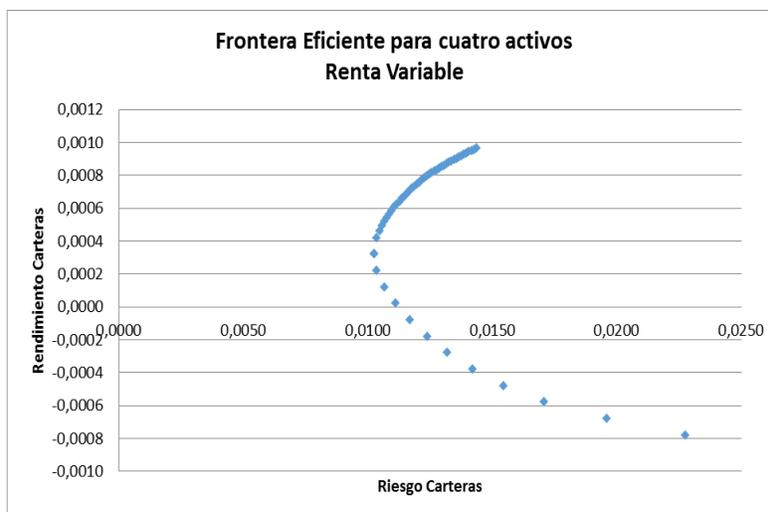
Activo	Rendimiento diario promedio	Variabilidad
---------------	------------------------------------	---------------------

Bancolombia	0,015%	0,0145
Ecopetrol	0,097%	0,0145
Nutresa	-0,037%	0,0152
Cemargos	-0,080%	0,0236

Fuente: elaboración propia con base en la Bolsa de Valores de Colombia (2012)

Se estimó inicialmente la rentabilidad promedio de cada activo a partir de sus rendimientos históricos (marzo 2012 a marzo 2014) para determinar los rendimientos promedio de los portafolios conformados por las diferentes diversificaciones de valores de inversión, se calculó la matriz de varianzas y covarianzas del conjunto de acciones para calcular el riesgo de cada una las carteras. En el método de Markowitz se aplica el modelo de programación para determinar los portafolios de mayor rendimiento dado un nivel de riesgo, utilizando herramientas computacionales obteniéndose la frontera eficiente dada por la Gráfico 1.

Grafico 1. Frontera eficiente



Fuente: elaboración propia

Se observa que las posibilidades de inversión pueden ir desde un mínimo nivel de riesgo del 0,01028, con una rentabilidad máxima esperada del 0,032% promedio diario; hasta un nivel máximo de exposición al riesgo, el cual se puede ubicar en el punto con riesgo y rentabilidad 0,01438 y 0,097% respetivamente.

1.3 Método 1: considerando el nivel de riesgo del inversionista sobre la frontera eficiente

La herramientas computacionales permiten determinar los niveles de riesgo donde se mueven los portafolios de la frontera eficiente (Grafica 2), para las carteras consideras en este trabajo el valor Mínimo de riesgo está dado por 0,01028 y un valor máximo de 0,01438. De esta manera el inversionista asumirá un nivel de riesgo mínimo para un portafolio cuyo rendimiento esperado será de 0,032% y si deseara aumentar su rendimiento deberá asumir un mayor riesgo a partir del valor mínimo.

Si se definiera una escala porcentual para el nivel de riesgo entre el valor mínimo y el valor máximo el inversionista podría definir en términos porcentuales el nivel de riesgo que quisiera asumir y su respectivo rendimiento esperado. A continuación en la Tabla 3 siguiente se define los

niveles de riesgo con sus respectivos rendimientos esperados para una escala porcentual determinada por el rango del riesgo (dividiéndolo en 100 partes).

Grafico 2. Frontera eficiente



Fuente: elaboración propia

Tabla 3. Niveles de riesgo con sus respectivos rendimientos esperados para una escala porcentual determinada

Portafolios sobre la frontera eficiente según el Nivel de Riesgo						
Riesgo Minimo	0,01028					
Riesgo Maximo	0,01438					
Rango	0,00410					
Punto Porcentual	0,00004					
Nivel de Riesgo	Riesgo Portafolio	Portafolios				Rendimiento
		BANC	ECOP	NUTRESA	CEMARGOS	Portafolio
10%	0,01069	29,732%	55,123%	15,145%	0,000%	0,052%
20%	0,01110	29,157%	61,845%	8,998%	0,000%	0,061%
30%	0,01151	28,805%	67,109%	4,086%	0,000%	0,068%
40%	0,01192	28,248%	71,752%	0,000%	0,000%	0,074%
50%	0,01233	22,195%	77,805%	0,000%	0,000%	0,079%
60%	0,01274	17,100%	82,900%	0,000%	0,000%	0,083%
70%	0,01315	12,561%	87,439%	0,000%	0,000%	0,087%
80%	0,01356	8,390%	91,610%	0,000%	0,000%	0,090%
90%	0,01397	4,490%	95,510%	0,000%	0,000%	0,094%
100%	0,01438	0,797%	99,203%	0,000%	0,000%	0,097%

Fuente: elaboración propia

Para cada nivel de riesgo porcentual se determina el riesgo con el cual la herramienta computacional encontrara el portafolio sobre la frontera eficiente con mayor rendimiento posible para este nivel de riesgo. (Al valor mínimo se le suma el porcentaje sobre rango). Se observa en la tabla que a mayor nivel de riesgo mayor rendimiento.

1.4 Método 2: considerando pesos de decisión definidos por el inversionista sobre los criterios de elección rendimiento – riesgo

El método multicriterio parte de la base que el inversionista establece la importancia relativa de cada uno de los criterios de elección (rendimiento - riesgo) para definir una estructura de preferencia entre las diferentes alternativas y asociar un indicador de preferencia que definirá la mejor alternativa.

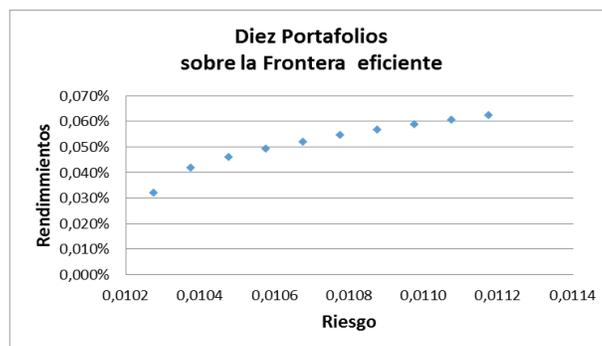
Con los portafolios sobre la frontera eficiente y los pesos de importancia asociados a cada criterio (rendimiento - riesgo) definidos por el inversionista, el método multicriterio establece la matriz del rating de importancia entre pares de alternativas (carteras) con respecto a cada criterio, procedimiento con el que se establecen los pesos de jerarquía dados a las diferentes carteras con respecto a cada criterio después de un proceso de normalización de dicha matriz. Con los pesos de importancia de los criterios de elección y los pesos asignados a cada alternativa se calcula el vector de jerarquización, asignando un valor a cada cartera conformada. Para ilustrar el método multicriterio se tomaron diez portafolios sobre la frontera eficiente, los cuales se detallan en la tabla y grafica 4:

Tabla 4. Portafolios sobre la frontera eficiente

Diez Portafolios sobre la Frontera eficiente						
Portafolio	BANC	ECOP	NUTRESA	CEMARGOS	Rend Port	Riesgo Port
1	30,9%	39,6%	29,5%	0,0%	0,032%	0,01028
2	31,3%	46,7%	22,0%	0,0%	0,042%	0,01038
3	30,1%	50,3%	19,5%	0,0%	0,046%	0,01048
4	29,9%	52,8%	17,3%	0,0%	0,049%	0,01058
5	29,7%	54,9%	15,3%	0,0%	0,052%	0,01068
6	29,6%	56,8%	13,6%	0,0%	0,055%	0,01078
7	29,5%	58,5%	12,0%	0,0%	0,057%	0,01088
8	29,3%	60,1%	10,6%	0,0%	0,059%	0,01098
9	29,2%	61,5%	9,2%	0,0%	0,061%	0,01108
10	29,1%	62,9%	8,0%	0,0%	0,063%	0,01118

Fuente: elaboración propia

Gráfico 3. Frontera eficiente



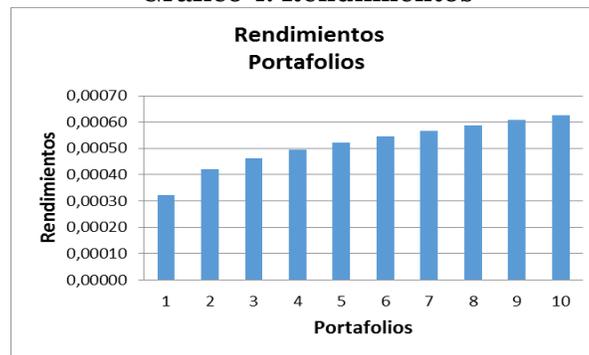
Fuente: elaboración propia

1.4.1 Matriz del rating de importancia entre pares de alternativas con respecto al rendimiento

Para la construcción de la matriz de importancia entre pares de alternativas con respecto al rendimiento se comparan los rendimientos de los portafolios, se calculan las diferencias entre ellos y

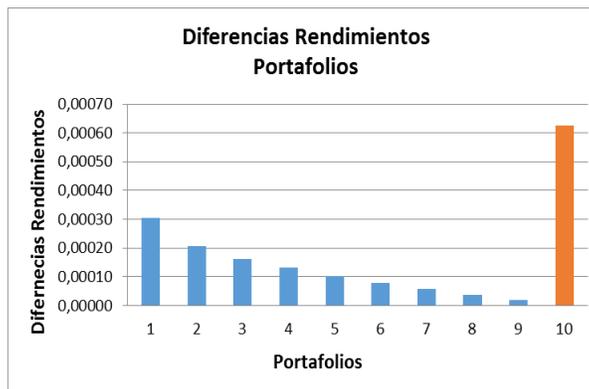
se establece la proporción de dichas diferencias con respecto al rendimiento máximo como se ilustra en las gráficas 5 y 6.

Gráfico 4. Rendimientos



Fuente: elaboración propia

Gráfico 5. Diferencias



Fuente: elaboración propia

Las diferencias determinan qué tan importante es un cartera con respecta a otra. Dependiendo de qué tan alargada o inclinada esté la frontera eficiente, estas diferencias definirán un rating de importancia mayor o menor para cada cartera. En la Tabla 5 se detallan las diferencias de rendimientos, y los portafolios con mayor rendimiento tendrán mayores diferencias con respecto a los demás.

Tabla 5. Diferencias los portafolios con mayor rendimiento

Matriz Rating de Importancia Respecto al Rendimiento										
Portaf	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	0,00010	0,00014	0,00017	0,00020	0,00022	0,00025	0,00027	0,00029	0,00030
2	0,00012	1	0,00004	0,00007	0,00010	0,00013	0,00015	0,00017	0,00019	0,00021
3	0,00018	0,00005	1	0,00003	0,00006	0,00008	0,00011	0,00013	0,00015	0,00016
4	0,00023	0,00009	0,00003	1	0,00003	0,00005	0,00007	0,00009	0,00011	0,00013
5	0,00028	0,00012	0,00007	0,00003	1	0,00002	0,00005	0,00007	0,00009	0,00010
6	0,00032	0,00015	0,00010	0,00006	0,00003	1	0,00002	0,00004	0,00006	0,00008
7	0,00035	0,00019	0,00013	0,00008	0,00005	0,000023	1	0,00002	0,00004	0,00006
8	0,00039	0,00022	0,00015	0,00011	0,00007	0,000046	0,000021	1	0,00002	0,00004
9	0,00042	0,00025	0,00018	0,00013	0,00010	0,000068	0,000042	0,000020	1	0,00002
10	0,00045	0,00027	0,00021	0,00016	0,00012	0,000090	0,000063	0,000039	0,000019	1

Fuente: elaboración propia

El objetivo de las matrices es asignar un peso jerárquico a cada portafolio después de comparar y ponderar las diferencias con los demás portafolios de la frontera; así, una cartera tendrá más peso si tiene un mayor promedio de diferencias. En la Tabla 6 se detallan los pesos asignados a cada cartera después de realizar la respectiva ponderación y normalización de la matriz de diferencias.

Tabla 6. Pesos asignados a cada cartera

Matriz Rating de Importancia Respecto al Rendimiento Normalizada											
Portaf	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Peso
1	0,99727	0,00010	0,00014	0,00017	0,00020	0,00022	0,00025	0,00027	0,00029	0,00030	0,099920
2	0,00012	0,99857	0,00004	0,00007	0,00010	0,00013	0,00015	0,00017	0,00019	0,00021	0,099975
3	0,00018	0,00005	0,99896	0,00003	0,00006	0,00008	0,00011	0,00013	0,00015	0,00016	0,099990
4	0,00023	0,00009	0,00003	0,99915	0,00003	0,00005	0,00007	0,00009	0,00011	0,00013	0,099999
5	0,00028	0,00012	0,00007	0,00003	0,99924	0,00002	0,00005	0,00007	0,00009	0,00010	0,100006
6	0,00031	0,00015	0,00010	0,00006	0,00003	0,99926	0,00002	0,00004	0,00006	0,00008	0,100012
7	0,00035	0,00019	0,00013	0,00008	0,00005	0,00002	0,99923	0,00002	0,00004	0,00006	0,100017
8	0,00039	0,00022	0,00015	0,00011	0,00007	0,00005	0,00002	0,99916	0,00002	0,00004	0,100022
9	0,00042	0,00025	0,00018	0,00013	0,00010	0,00007	0,00004	0,00002	0,99904	0,00002	0,100027
10	0,00045	0,00027	0,00021	0,00016	0,00012	0,00009	0,00006	0,00004	0,00019	0,99890	0,100032

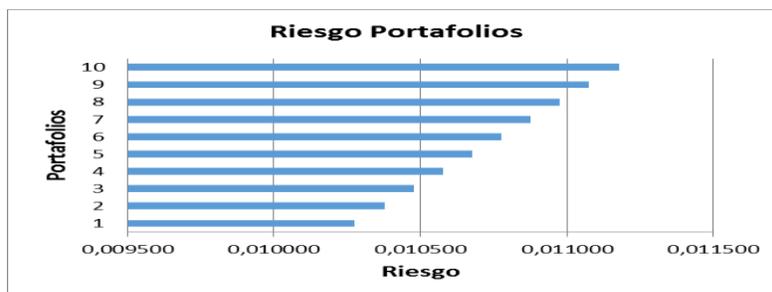
Fuente: elaboración propia

Se observa que los portafolios con mayores rendimientos tienen mayores pesos

1.4.2 Matriz del rating de importancia entre pares de alternativas con respecto al riesgo

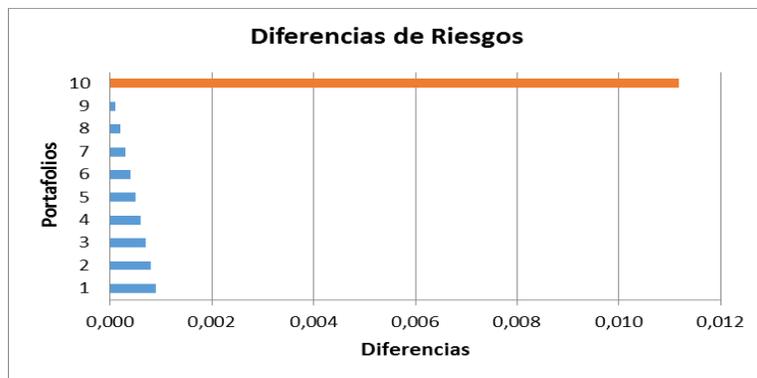
De la misma manera que los rendimientos las diferencias de los riesgos definirán la matriz importancia con respecto al criterio de elección riesgo. Como se detalla en las gráficas 7 y 8:

Gráfico 6. Importancia con respecto riesgo



Fuente: elaboración propia

Gráfico 7. Diferencias de los riesgos



Fuente: elaboración propia

Un portafolio tendrá una mayor importancia si tiene un menor promedio de diferencias de riesgo. En la Tabla 7 se detallan dichas diferencias. Los portafolios con menor riesgo tendrán mayores diferencias con respecto a los demás.

Tabla 7. Diferencias de los portafolios con menor riesgo

Matriz Rating de Importancia Respecto al Riesgo										
Portaf	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	0,000101	0,000204	0,000309	0,000415	0,000523	0,000633	0,000745	0,000858	0,000972
2	0,000100	1	0,00010	0,00020	0,00031	0,00041	0,00052	0,00063	0,00074	0,00086
3	0,000200	0,00010	1	0,00010	0,00020	0,00031	0,00041	0,00052	0,00063	0,00074
4	0,000300	0,00020	0,00010	1	0,00010	0,00020	0,00031	0,00041	0,00052	0,00063
5	0,000400	0,00030	0,00020	0,00010	1	0,00010	0,00020	0,00031	0,00041	0,00052
6	0,000500	0,00040	0,00030	0,00020	0,00010	1	0,00010	0,00020	0,00031	0,00041
7	0,000600	0,00050	0,00040	0,00030	0,00020	0,00010	1	0,00010	0,00020	0,00031
8	0,000700	0,00060	0,00050	0,00040	0,00030	0,00020	0,00010	1	0,00010	0,00020
9	0,000800	0,00070	0,00060	0,00050	0,00040	0,00030	0,00020	0,00010	1	0,00010
10	0,000900	0,00080	0,00070	0,00060	0,00050	0,00040	0,00030	0,00020	0,0001000	1

Fuente: elaboración propia

La matriz de rating con respecto al riesgo asigna un peso jerárquico a cada portafolio después de ponderar y normalizar las diferencias con los demás portafolios de la frontera; así, una cartera tendrá más peso si tiene un menor promedio de diferencias con respecto al riesgo. En la Tabla 8 se detallan los pesos asignados a cada portafolio.

Tabla 8. Pesos asignados a cada cartera

Matriz Rating de Importancia Respecto al Riesgo Normalizada											
Portaf	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Peso
1	0,99552	0,00010	0,00020	0,00031	0,00041	0,00052	0,00063	0,00074	0,00085	0,00097	0,100026
2	0,00010	0,99631	0,00010	0,00020	0,00031	0,00041	0,00052	0,00063	0,00074	0,00085	0,100018
3	0,00020	0,00010	0,99690	0,00010	0,00020	0,00031	0,00041	0,00052	0,00063	0,00074	0,100012
4	0,00030	0,00020	0,00010	0,99729	0,00010	0,00020	0,00031	0,00041	0,00052	0,00063	0,100007
5	0,00040	0,00030	0,00020	0,00010	0,99748	0,00010	0,00020	0,00031	0,00041	0,00052	0,100002
6	0,00050	0,00040	0,00030	0,00020	0,00010	0,99746	0,00010	0,00020	0,00031	0,00041	0,099997
7	0,00060	0,00050	0,00040	0,00030	0,00020	0,00010	0,99722	0,00010	0,00020	0,00031	0,099993
8	0,00070	0,00060	0,00050	0,00040	0,00030	0,00020	0,00010	0,99678	0,00010	0,00020	0,099988
9	0,00080	0,00070	0,00060	0,00050	0,00040	0,00030	0,00020	0,00010	0,99613	0,00010	0,099982
10	0,00090	0,00080	0,00070	0,00060	0,00050	0,00040	0,00030	0,00020	0,00010	0,99527	0,099975

Fuente: elaboración propia

Se observa que los portafolios con menores riesgos tienen mayores pesos.

1.4.3 Clasificación y selección del portafolio según el peso definido por el inversionista para los criterios de elección rendimiento – riesgo

Definidos los pesos de cada portafolio con respecto a los criterios de elección y asignado los pesos de decisión por parte del inversionista, se establece la jerarquización de los portafolios asociando un indicador de preferencia que definirá la mejor alternativa. Así, si el inversionista asigna un peso de 80% al criterio de elección riesgo y un 20% al criterio de elección rendimiento. Significa que su decisión de elección considera fuertemente el riesgo como parámetro de selección a la hora de elegir un portafolio de inversión; es decir, opta por aquellos portafolios con menores riesgos. En la Tabla 9 se jerarquiza el orden de selección de portafolios para un peso de elección del 50% al riesgo:

Tabla 9. Orden de selección de portafolios

Clasificación de los portafolios para igual peso de decisión				
Portaf	Peso Rend	Peso Ries	Peso Portaf	Clasificación
	50%	50%		
1	0,099920	0,100016	0,09996832	10
2	0,099975	0,100028	0,10000161	8
3	0,099990	0,100012	0,10000100	9
4	0,099999	0,100007	0,10000295	7
5	0,100006	0,100002	0,10000400	5
6	0,100012	0,099997	0,10000457	3
7	0,100017	0,099993	0,10000481	1
8	0,100022	0,099988	0,10000475	2
9	0,100027	0,099982	0,10000436	4
10	0,100032	0,099975	0,10000363	6

Fuente: elaboración propia

Se observa que el portafolio 7 es la primera elección para este peso asignado.

La Tabla 10 muestra los portafolios con primera opción selección para peso asignados al criterio de elección riesgo.

Tabla 10. Portafolios con primera opción selección

Clasificación de los portafolios para diferentes peso de decisión									
Pesos criterios de selección		Portof selecc		Riesgo	Rendimiento	Portafolio			
Rend	Riesgo	N Portaf	Peso Portaf	Portafolio	Portafolio	BANC	ECOP	NUTRESA	CEMARGOS
0%	100%	2	0,100028	0,0104	0,042%	31,3%	46,7%	22,0%	0,000%
10%	90%	2	0,100023	0,0104	0,042%	31,3%	46,7%	22,0%	0,000%
20%	80%	2	0,100018	0,0104	0,042%	31,3%	46,7%	22,0%	0,000%
30%	70%	2	0,100012	0,0104	0,042%	31,3%	46,7%	22,0%	0,000%
40%	60%	2	0,100007	0,0104	0,042%	31,3%	46,7%	22,0%	0,000%
50%	50%	7	0,100005	0,0109	0,057%	29,5%	58,5%	12,0%	0,000%
60%	40%	10	0,100009	0,0112	0,063%	29,1%	62,9%	8,0%	0,000%
70%	30%	10	0,100015	0,0112	0,063%	29,1%	62,9%	8,0%	0,000%
80%	20%	10	0,100021	0,0112	0,063%	29,1%	62,9%	8,0%	0,000%
90%	10%	10	0,100026	0,0112	0,063%	29,1%	62,9%	8,0%	0,000%
100%	0%	10	0,100032	0,0112	0,063%	29,1%	62,9%	8,0%	0,000%

Fuente: elaboración propia

Se observa que para un peso de elección del criterio riesgo entre el 60% y el 100% el portafolio dos es el seleccionado, para un peso entre el 0% y el 40% se selecciona el portafolio diez y para un peso del 50% ese elige el portafolio siete.

2. Resultados

Para la evaluación de las metodologías expuestas se realiza una comparación entre los rendimientos esperados de los portafolios de la frontera eficiente seleccionados a partir de los niveles de riesgo definidos en cada metodología y los rendimientos calculados con la diversificación definidos por estos portafolios sobre los rendimientos de los activos en tiempo real.

Para cada metodología se calcularon los rendimientos diarios en tiempo real entre el 17 de marzo del 2012 y el 13 de marzo del 2014, arrojando resultados expuestos en la Tabla 11.

Tabla 11. Resultados Metodología 1

Evaluación Metodología 1								
Nivel de Riesgo sobre la Frontera eficiente								
Portafolios	BCOLOMBIA	ECOPETROL	NUTRESA	CEMARGOS	Rendimiento Real Diario	Volatilidad	Rendimiento esperado	Riesgo
Nivel Riesgo 20% Conservador	29,2%	61,8%	9,0%	0,0%	0,03%	0,0121	0,061%	0,0111
Nivel Riesgo 50% Intermedio	22,2%	77,8%	0,0%	0,0%	-0,01%	0,0141	0,079%	0,0123
Nivel Riesgo 80% Agresivo	8,4%	91,6%	0,0%	0,0%	-0,03%	0,0159	0,090%	0,0136

Fuente: elaboración propia

Para la metodología 1 se tomaron tres niveles de riesgo: 20%, 50% y 80%, se observa que el portafolio definido por el nivel de riesgo 20% se obtiene un rendimiento promedio positivo para este periodo.

Tabla 12. Resultados Metodología 2

Evaluación Metodología 2								
Pesos sobre los criterios de decisión								
Portafolios	BCOLOMBIA	ECOPETROL	NUTRESA	CEMARGOS	Rendimiento Real Diario	Volatilidad	Rendimiento esperado	Riesgo
Peso de decisión Riesgo 50% (Portafolio 7)	29,5%	58,5%	12,0%	0,0%	0,04%	0,0117	0,057%	0,0109
Peso de decisión Riesgo de 0% a 40% (Portafolio 10)	29,1%	62,9%	8,0%	0,0%	0,03%	0,0122	0,063%	0,0112
Peso de decisión Riesgo de 60% a 100% (Portafolio 2)	31,3%	46,7%	22,0%	0,0%	0,06%	0,0104	0,042%	0,0104

Fuente: elaboración propia

Para la metodología 2, se tomaron tres intervalos de pesos de elección para el criterio riesgo:

0% - 40%, 60% - 100%, y 50% se observa en la Tabla 12 que los tres intervalos de pesos, los respectivos portafolios obtienen rendimientos promedios positivos para este periodo y dentro de los intervalos esperados.

3. Conclusiones

Las metodologías expuestas solo se han aplicado a activos financieros de renta variable; por lo tanto, se hace necesario considerar el nivel de riesgo que puedan asumir los inversionistas, a pesar de que estos niveles se pueden amortiguar involucrando activos financieros libres de riesgo, se obtienen portafolios mejor diversificados y se reducen los riesgos específicos con el número de activos; sin embargo, es conveniente establecer metodologías que permitan conformar carteras con activos de renta variable con las cuales se pueden obtener rendimientos aceptables y con baja variabilidad.

Una de las ventajas de las metodologías expuestas es poder determinar portafolios de manera clara y sencilla para un nivel de riesgo definido por el inversionista, teniendo como base la frontera eficiente definida por la teoría de portafolios de Markowitz. Las metodologías son implementadas y evaluadas gracias a las diferentes herramientas computacionales. Ambos procedimientos tienen altos costos operacionales, tanto para la construcción de la frontera eficiente como para las matrices de importancia.

A la hora de medir el rendimiento de cada una de las metodologías, como se observa en los resultados obtenidos para estas primeras indagaciones, la metodología multicriterio presenta un mejor rendimiento, debido a que, a diferencia de la metodología 1, esta considera la comparación con cierto grado de detalle entre los diferentes portafolios tanto en sus rendimientos como en sus variaciones y, aunque no se considera un nivel de riesgo como tal, el inversionista puede definir sus rendimientos a partir de pesos de decisión, considerando como criterio de elección el riesgo que pueda asumir. Se debe seguir evaluando ambas metodologías para portafolios con mayor número de activos, aunque esto implique más costos operacionales.

Referencias

- Bolsa de Valores de Colombia (2012). Informes bursátiles. Recuperado de: <http://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc> BVC
- Bustillo, C.A (2002). Selección de portafolios óptimos: el caso colombiano (Trabajo de grado Pontificia Universidad Javeriana), Bogotá.
- Evans, J. H. (1968). Diversification and the reduction of dispersion: an empirical analysis. *Journal of Finance*, December
- Fama, E. (1970). Efficient capital markets: a review of theory and empirical work. *The Journal of Finance*, pp. 383-427
- Hirt, B. (2001). *Fundamentos de gerencia financiera*. Bogotá: Mc Graw Hill.
- Levy, Haim & Marchall (1982). *Capital Investment and Financial Decisions*. 2 da Ed. Prentice Hall.
- Markowitz, H. (1959). *Portfolio selection: efficient diversification of investment*. New York, EE. UU: Willey.
- Méndez, A. (2009). Revisión de la Eficiencia del Mercado de Capitales Colombiano (Tesis de Grado), Universidad Nacional de Colombia.

Sharpe, W.F. (1963). A simplified model for portafolio analysis. *Management Science*, januari, pp. 277 – 293.