

# Metodología para la Conformación de Portafolio de Acciones Utilizando la Técnica Multicriterio de Borda\*

## Methodology for Making Stock Portfolios Using the Borda Multi-criteria Method

Artículo de investigación científica - Fecha de Recepción: 27 de julio de 2014 - Fecha de Aceptación: 19 de septiembre de 2014

John Willmer Escobar

Ph.D in Automatic Control Systems and Operational Research. Magister en Ingeniería Industrial.  
Pontificia Universidad Javeriana Cali. Cali (Colombia). [jwescobar@javerianacali.edu.co](mailto:jwescobar@javerianacali.edu.co)

Para citar este artículo / To reference this article:

J. Escobar, "De la "Metodología para la Conformación de Portafolio de Acciones Utilizando la Técnica Multicriterio de Borda," *INGE CUC*, vol. 10, no. 2, pp. 60–66, 2014.

**Resumen:** Este trabajo presenta la aplicación de la metodología multicriterio de Borda para la toma de decisiones en portafolio de acciones en el mercado bursátil colombiano. La problemática de esta investigación está relacionada con el diseño de una metodología para la toma de decisiones de inversión en mercados de renta variable considerando criterios de rentabilidad y riesgo. La metodología utilizada en la investigación incluye la integración de técnicas tradicionales y modernas de portafolio junto con la técnica multicriterio Borda. Dicha metodología permite evaluar un número de alternativas bajo una serie de criterios, asignando cierto puntaje de acuerdo con su posición relativa. La metodología propuesta se ha adaptado para la solución del problema de selección de portafolio de acciones en el mercado bursátil colombiano. Los resultados obtenidos muestran la eficiencia del método Borda para encontrar un equilibrio adecuado entre rentabilidad y riesgo.

**Palabras clave:** portafolio de acciones, método Borda, análisis multicriterio, riesgo, rentabilidad.

**Abstract:** This paper presents the application of Borda's multi-criteria decision-making method for stock portfolio in the Colombian stock exchange. The research question addresses the design of a methodology for investment decision-making in variable return markets by considering return and risk criteria. The approach used includes the integration of traditional and modern techniques with Borda's multi-criteria method; in this way, it allows assessing a number of choices under several criteria by assigning a determined score according to their relative position. The methodology set forth is adapted for the problem of selecting a portfolio in the Colombian stock exchange. The results obtained show the efficiency of the Borda method to find a suitable balance between return and risk.

**Keywords:** Stock portfolio, Borda method, Multi-criteria analysis, Risk, Profit.

\* Artículo de Investigación Científica derivado del proyecto de investigación titulado "Metodologías Multicriterio y Multiobjetivo para la conformación de portafolios de acciones", Pontificia Universidad Javeriana Cali. Fecha de Inicio: junio de 2013.

## I. INTRODUCCIÓN

La inversión en acciones es una de las actividades a la que comúnmente recurren personas naturales o jurídicas que desean incrementar su capital financiero mediante una modalidad que implica la adquisición o compra de partes del capital social de una empresa constituida como sociedad anónima y que otorga al titular de dichas acciones o títulos valores ciertos beneficios que dependen directamente del futuro y de la buena marcha de la sociedad.

La inversión en acciones es considerada una actividad altamente riesgosa. La palabra *riesgo* significa “atreverse” o “transitar por un sendero peligroso”, y tiene una connotación negativa, relacionada con el peligro, daño, siniestro o pérdida [1]. En el contexto financiero, la palabra *riesgo* se asocia a las variaciones en el valor de los activos [2], es decir, la posibilidad de que los recursos financieros disminuyan o de que no se materialicen los rendimientos esperados en un periodo de tiempo.

Bajo esta perspectiva, se hace evidente la necesidad de adoptar esquemas de gestión y administración de riesgos, en los que los agentes económicos se ajusten a las nuevas realidades y procedan con mayor celeridad en la búsqueda de metodologías que garanticen la protección de sus inversiones. Aun cuando el riesgo es inherente a las actividades de inversión en acciones y la rentabilidad esperada depende del grado de riesgo que se asuma, es importante incluir elementos de juicios más elaborados que abandonen los métodos tradicionales basados en la intuición y la experiencia, dado que la utilización de estas prácticas informales podría aumentar la exposición al riesgo y generar grandes pérdidas.

Este trabajo de investigación se distancia de los métodos tradicionales, y sin desconocer su existencia, propone un cambio estructural en el proceso de toma de decisiones de inversión en portafolio de acciones, al considerar que no es confiable la aplicación de dichos esquemas de decisión cuando se tienen diversas alternativas. En cambio, se promueve la utilización de metodologías multicriterio que permitan valorar y seleccionar objetivamente acciones individuales y portafolios de acciones en el mercado bursátil colombiano.

El trabajo de investigación recurre a datos reales e históricos de las cotizaciones de las acciones de media y alta bursatilidad del mercado colombiano con el fin de integrar las distintas teorías y metodologías de selección de acciones y portafolios con la técnica multicriterio de Borda para encontrar un balance adecuado entre rentabilidad y riesgo.

La utilización de la metodología multicriterio de Borda [3]-[4] permite generar una atractiva oportunidad para desarrollar y contribuir al enriquecimiento del análisis de inversión en portafolio de acciones, dado que el análisis documental realizado preliminarmente [5] exterioriza la ausencia de esta herramienta de decisión dentro los trabajos previos sobre esta temática.

Trabajos similares que han aplicado otras metodologías multicriterios pueden ser consultados en [6], [7], [8], [9], [10], [11] y [12].

## II. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología que se describe a continuación presenta los pasos que permiten la selección del mejor portafolio de acciones incluyendo métricas financieras basadas en rentabilidad y riesgo y finalmente la selección del portafolio utilizando el Método Multicriterio de Borda.

La metodología utilizada para la solución de la problemática se resume en los siguientes pasos:

- **Paso 1:** obtener la cotización de las acciones de alta y media bursatilidad en el mercado colombiano.
- **Paso 2:** aplicar los criterios de selección de acciones individuales basados en medidas estadísticas propuestos en [13].
- **Paso 3:** seleccionar las mejores acciones para conformar portafolios.
- **Paso 4:** seleccionar los mejores portafolios de 2, 3, 4 y 5 acciones.
- **Paso 5:** seleccionar el mejor portafolio de acciones integrando los diferentes criterios de rentabilidad y riesgo en la metodología multicriterio de Borda.

### A. Paso 1

En la tabla I se muestra las acciones de alta y media bursatilidad en el mercado colombiano desde mayo de 2012 a mayo de 2013. La información obtenida se ha clasificado en 22 acciones de alta bursatilidad y 16 acciones de media bursatilidad. Adicionalmente se ha incluido la información del Índice General de la Bolsa de Valores de Colombia (IGBC), el cual es el indicador clave del mercado financiero colombiano.

### B. Paso 2

Una vez obtenida la información anterior se procede a calcular diversos indicadores, expresados en [13], para la selección de las acciones individuales. De esta manera se obtienen los resultados que se muestra en la tabla II.

### C. Paso 3

Con la información obtenida de la tabla II se procede a la selección de las mejores acciones para la conformación de portafolios mediante técnicas de descarte:

- Descartar las acciones con rentabilidad promedio negativa, es decir,  $E$  (*Rentabilidad*)  $< 0$ . De las acciones restantes se seleccionan aquellas cuya rentabilidad promedio es mayor que la rentabilidad promedio del IGBC.
- De las acciones actuales se hace un análisis de riesgo y rentabilidad, seleccionando aquellas que tienen un coeficiente de variación menor.

METODOLOGÍA PARA LA CONFORMACIÓN DE PORTAFOLIO DE ACCIONES UTILIZANDO LA TÉCNICA MULTICRITERIO DE BORDA

- Del grupo de acciones restantes, analizar y seleccionar las mejores de acuerdo con el costo de capital ( $k_e$ ), el valor en riesgo (VAR), la probabilidad de pérdida y el coeficiente de riesgo sistemático  $\beta$  [5] y [13].

Después de realizado el análisis de las métricas financieras se han seleccionado las acciones que muestra la tabla III.

D. Paso 4

Con la información obtenida en la tabla III se procede a realizar la conformación y selección de portafolios de acuerdo con los diversos criterios de riesgos propuestos en la teoría de Markowitz y teoría de Sharpe para el contexto colombiano [5]. Sea  $x_i$ , el porcentaje que se va a invertir de la acción  $i$ ;  $E(R_i)$  el valor esperado de la rentabilidad de una acción;  $\sigma_i^2$  la varianza de la acción  $i$  y  $\sigma_{ij}$  la covarianza entre la acción  $i$  y la acción  $j$ . De esta manera, la teoría moderna de portafolio de Markowitz considera dos objetivos: rentabilidad del portafolio (1) y riesgo del portafolio para dos acciones (2).

$$\text{Max } E(R_p) = \sum_i x_i E(R_i) \quad (1)$$

$$\text{Min } \sigma_p^2 = \sum_i x_i^2 \sigma_i^2 + 2 \sum_{i=1} \sum_{j \neq i} x_i x_j \sigma_{ij} \quad (2)$$

Sujeto a:

$$\sum_i x_i = 1 \quad (3)$$

$$x_i \geq 0 \quad (4)$$

La función objetivo (1) maximiza el valor esperado de la rentabilidad del portafolio. La función objetivo (2) pretende minimizar el riesgo de portafolio mediante la consideración del riesgo no lineal entre acciones. La restricción (3) indica que la suma de los porcentajes invertido en las acciones debe ser igual a 1. Finalmente, las restricciones (4) indican la naturaleza de las variables utilizadas en el modelo matemático descrito.

En la teoría de Sharpe, sea  $\beta_i$  el coeficiente de riesgo sistemático o coeficiente de volatilidad de la acción  $i$ , el coeficiente de riesgo sistemático de un portafolio es equivalente a (5):

$$\beta_p = \sum_i x_i \beta_i \quad (5)$$

En este caso se considera que valores  $\beta_p$  de altos indican que las acciones responden muy rápidamente a cambios del mercado; mientras que valores de  $\beta_p$  bajos indican que las acciones responden de manera lenta a cambios del mercado.

Para el análisis de portafolios individuales se utilizó el software VisualMvo®. Al realizar el análisis de los portafolios se obtienen los resultados descritos en las tablas IV-VII:

TABLA I. ACCIONES DE ALTA Y MEDIA BURSÁTILIDAD EN EL MERCADO BURSÁTIL COLOMBIANO (MAYO DE 2012 A MAYO DE 2013)

Nº	EMPRESA	COD. EMP
1	ECOPETROL S.A.	E1
2	PACIFIC RUBIALES ENERGY CORP.	E2
3	BANCOLOMBIA S.A. - PREFERENCIAL	E3
4	GRUPO DE INVERSIONES SURAMERICANA - PREFERENCIAL	E4
5	GRUPO DE INVERSIONES SURAMERICANA S.A.	E5
6	GRUPO AVAL ACCIONES Y VALORES - PREFERENCIAL	E6
7	INTERCONEXION ELECTRICA S.A. E.S.P	E7
8	PETROMINERALES LTD.	E8
9	GRUPO NUTRESA S.A. (ANTES CIA NACIONAL DE CHOCOLATES S.A.)	E9
10	ALMACENES EXITO S.A.	E10
11	GRUPO ARGOS S. A (ANTES INVERSIONES ARGOS S.A.)	E11
12	BANCO DAVIVIENDA S.A. - PREFERENCIAL	E12
13	ISAGEN S.A. E.S.P.	E13
14	CEMENTOS ARGOS S.A (ANTES CEMENTOS DEL CARIBE)	E14
15	AVIANCATACA HOLDING S.A.- PREFERENCIAL	E15
16	EMPRESA DE ENERGIA DE BOGOTA E.S.P.	E16
17	CANACOL ENERGY LTD.	E17
18	CORPORACION FINANCIERA COLOMBIANA S.A.	E18
19	TEXTILES FABRICATO TEJICONDOR S.A.	E19
20	BANCOLOMBIA S.A.	E20
21	GRUPO ARGOS S. A (ANTES INVERSIONES ARGOS S.A.)- PREFERENCIAL	E21
22	CELSIA S.A. E.S.P. (ANTES CIA. COLOMBIANA DE INVERSIONES S.A.)	E22
23	BOLSA DE VALORES DE COLOMBIA S.A.	E23
24	GRUPO AVAL ACCIONES Y VALORES S.A.	E24
25	EMPRESA DE TELECOMUNICACIONES DE BOGOTA E.S.P	E25
26	BANCO DE BOGOTA S.A.	E26
27	BANCO DE CREDITO DE COLOMBIA HELM FINANCIAL PREFERENCIAL	E27
28	INTERBOLSA S.A.	E28
29	TABLEROS Y MADERAS CALDAS S.A.	E29
30	CONCRETO S.A.	E30
31	MINEROS S.A.	E31
32	CARVAJAL EMPAQUES S.A. - PREFERENCIAL	E32
33	CONSTRUCCIONES EL CONDOR S.A.	E33
34	ENKA DE COLOMBIA S.A.	E34
35	ORGANIZACION DE INGENIERIA INTERNACIONAL- ODINSA S.A.	E35
36	VALOREM S.A. (ANTES VALORES BAVARIA S.A.)	E36
37	BIOMAX BIOCMBUSTIBLES S.A.	E37
38	CORPORACION FINANCIERA COLOMBIANA- PREFERENCIAL	E38
39	INDICE GENERAL DE LA BOLSA DE VALORES DE COLOMBIA - IGBC	E39

Fuente: Autor con base en información obtenida en la Superintendencia Financiera de Colombia.

En la tabla VIII se muestra el consolidado de las métricas de cada uno de los portafolios escogidos, teniendo en cuenta los criterios de rentabilidad promedio, riesgo financiero, costo de capital, mínimo VaR y coeficiente de riesgo sistemático  $\beta$ .

**Tabla II.** Métricas financieras y estadísticas para la selección de acciones individuales en el mercado bursátil colombiano (mayo de 2012 a mayo de 2013)

INDICADOR	ECOPETROL S.A.	PACIFIC RUBIALES ENERGY CORP.	BANCOLOMBIA S.A. - PREFERENCIAL	GRUPO DE INVERSIONES SURAMERICANA - PREFERENCIAL	GRUPO DE INVERSIONES SURAMERICANA S.A.	GRUPO AVAL ACCIONES Y VALORES - PREFERENCIAL	INTERCONEXION ELECTRICA S.A. E.S.P	PETROMINERALES LTD.
COD. EMPR	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
E(RENTABILIDAD)	0,126%	0,018%	0,030%	0,05%	0,020%	0,015%	-0,096%	-0,281%
DESVIACION	0,012371	0,021	0,011	0,008	0,011	0,011	0,013	0,034
CV	9,83	116,98	38,32	16,16	57,65	78,48	-13,95	-12,21
CA	-0,29	-0,18	-0,18	0,44	0,19	1,64	-0,65	-1,17
PROB.PÉRDIDA	45,95%	49,66%	48,96%	47,53%	49,31%	49,49%	52,86%	53,26%
LIMITE INFERIOR	-0,02%	-0,12%	-0,01%	0,03%	-0,01%	-0,01%	-0,03%	-0,28%
LIMITE SUPERIOR	0,27%	0,27%	0,27%	0,27%	0,27%	0,27%	0,27%	0,27%
Z(95%)	-1,96	-1,96	-1,96	-1,96	-1,96	-1,96	-1,96	-1,96
VAR	0,13%	0,03%	0,04%	0,05%	0,03%	0,02%	-0,09%	-0,26%
BETAS	0,593	1,214	0,504	0,215	0,459	0,262	0,406	1,302
RF	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
KE	0,04%	0,06%	0,03%	0,02%	0,03%	0,03%	0,03%	0,06%
R2	26,57%	37,50%	22,94%	9,25%	18,55%	6,02%	10,62%	16,59%
% RIESGO DIVER.	73,43%	62,50%	77,06%	90,75%	81,45%	93,98%	89,38%	83,41%
TASA LIBRE DE RIESGO (RF)		0,002						

Fuente: Autor.

**TABLA III.** ACCIONES SELECCIONADAS PARA CONFORMACIÓN DE PORTAFOLIOS (MAYO DE 2012 A MAYO DE 2013)

#	N°	ACCIÓN	E(RENTABILIDAD)	DESV. EST	KE	VAR	PR. PERDIDA	BETA
1	E1	ECOPETROL S.A.	0,126%	0,012	0,037%	0,13%	0,46	0,59
2	E10	ALMACENES EXITO S.A.	0,177%	0,013	0,027%	0,18%	0,44	0,28
3	E13	ISAGEN S.A. E.S.P.	0,055%	0,010	0,030%	0,06%	0,48	0,38
4	E21	GRUPO ARGOS S.A (ANTES INVERSIONES ARGOS S.A.)- PREFERENCIAL	0,102%	0,013	0,031%	0,11%	0,47	0,42
5	E22	CELSIA S.A. E.S.P. (ANTES CIA. COLOMBIANA DE INVERSIONES S.A.)	0,102%	0,015	0,034%	0,11%	0,47	0,50

Fuente: Autor.

**TABLA IV.** MEJOR PORTAFOLIO DE DOS ACCIONES

			P1: INDICES PORTAFOLIO 2 ACCIONES					
			ACCIÓN	VALOR Re	RIESGO	COVARIANZA	X	BETA
•	Minimum standard deviation		E1- ECOPETROL	0,0012590	0,012370762	0,00003105	0,47594	0,593399629
1	E1-ECOPETROL	0.4759	E10- ÉXITO	0,0017739	0,011909547	0,00003105	0,52406	0,281221884
2	E10-EXITO S.A	0.5241	EXP. RETURN	STANDARD DEVIA	BETA	CV	VAR	Ke
	Standard deviation	0.0094	0,0015	0,0094	0,4298	6,17	0,00159	0,001358878
	Expected return	0.0015						

Fuente: Autor.

**TABLA V.** MEJOR PORTAFOLIO DE TRES ACCIONES

			P12: INDICES PORTAFOLIO 3 ACCIONES					
			ACCIÓN	VALOR Re	RIESGO	X	BETA	Ke
•	Minimum standard deviation		E1- ECOPETROL	0,0012590	0,012370762	0,29290	0,593399629	0,0004
1	E1-ECOPETROL	0.2929	E10- ÉXITO	0,0017739	0,011909547	0,36080	0,281221884	0,0003
2	E10-EXITO S.A	0.3608	E21-ARGOS PRE	0,0010171	0,012503077	0,34630	0,41510706	0,0003
3	E21-ARGOS PRE	0.3463	EXP. RETURN	STANDARD DEVIA	BETA	CV	VAR	Ke
	Standard deviation	0.0079	0,0136	0,0079	0,4190	5,80	0,00141	0,001374955
	Expected return	0.0014						

Fuente: Autor.

METODOLOGÍA PARA LA CONFORMACIÓN DE PORTAFOLIO DE ACCIONES UTILIZANDO LA TÉCNICA MULTICRITERIO DE BORDA

TABLA VI. MEJOR PORTAFOLIO DE CUATRO ACCIONES

●	Minimum standard deviation	
1	E1-ECOPETROL	0.2548
2	E10-ÉXITO S.A	0.3219
3	E21-ARGOS PRE	0.3299
4	E22-CELSIA	0.0934
	Standard deviation	0.0078
	Expected return	0.0013

P23: INDICES PORTAFOLIO 4 ACCIONES					
ACCIÓN	VALOR Re	RIESGO	X	BETA	Ke
E1- ECOPETROL	0,0012590	0,0123708	0,25480	0,281221884	0,0003
E10- ÉXITO	0,0017739	0,0119095	0,32190	0,281221884	0,0003
E21-ARGOS PRE	0,0010171	0,0125031	0,32990	0,415107058	0,0003
E22-CELSIA	0,0010221	0,0149735	0,09340	0,502132767	0,0003
EXP. RETURN	STANDARD DEVIA	BETA	CV	VAR	Ke
0,0013	0,0078	0,3460	5,90	0,00137	0,001483846

Fuente: Autor.

TABLA VII. MEJOR PORTAFOLIO DE CINCO ACCIONES

●	Minimum standard deviation	
1	E1-ECOPETROL	0.1536
2	E10-ÉXITO S.A	0.2281
3	E13-ISAGEN	0.3047
4	E21-ARGOS PRE	0.2631
5	E22-CELSIA	0.0506
	Standard deviation	0.0072
	Expected return	0.0011

P25: INDICES PORTAFOLIO 4 ACCIONES					
ACCIÓN	VALOR Re	RIESGO	X	BETA	Ke
E1- ECOPETROL	0,0012590	0,0123708	0,15360	0,593399629	0,0004
E10- ÉXITO	0,0017739	0,0119095	0,22810	0,281221884	0,0003
E13-ISAGEN	0,0005473	0,0100913	0,30470	0,379659187	0,0003
E21-ARGOS PRE	0,0010171	0,0125031	0,26310	0,415107058	0,0003
E22-CELSIA	0,0010221	0,0149735	0,05060	0,502132767	0,0003
EXP. RETURN	STANDARD DEVIA	BETA	CV	VAR	Ke
0,0011	0,0072	0,4056	6,64	0,00113	0,001394981

Fuente: Autor.

Después de valorar los portafolios mediante los distintos criterios se han seleccionado las mejores decisiones de inversión. En este caso se obtienen cuatro alternativas de inversión a partir de varios criterios diferentes, pero en ¿cuál invertir? ¿Cuál debería ser la guía para un inversionista cuando todos los criterios de valoración incluyen elementos de análisis totalmente validos? La respuesta a las preguntas anteriores no es sencilla en términos de que no es fácil integrar diversos criterios con diversas respuestas. De esta manera se plantea importancia de la metodología multicriterio de Borda, por su potencialidad al integrar diversos criterios y alternativas para tomar una decisión de inversión usando criterios analíticos [3].

#### E. Paso 5

En la toma de decisiones multicriterio existen varios métodos que ayudan a seleccionar la más acertada posible. Este planteamiento inicial requiere definir ¿cuál es la decisión más acertada? La forma de abordar este problema difiere en gran manera en las diferentes metodologías. En particular, el método Borda, permite evaluar un número finito de alternativas; en este caso en particular, los cuatro portafolios de acciones determinados por los distintos criterios de valoración [3], [14], [4] y [15].

De acuerdo con [3], el método Borda se define como un esquema de decisión de un solo ganador en el que se realiza un ranking de los resultados de las alternativas basado en el valor obtenido en la variable o atributo que se esté comparando. El método Borda determina la mejor alternativa en un proceso de toma de decisión, dando a cada alternativa un cierto número de puntos correspondiente a la posición relativa en cada criterio de comparación. Finalmente se suman los resultados obtenidos por cada alternativa en cada criterio y se escoge como óptima la alternativa con mayor puntaje total. El método fue inicialmente desarrollado para decidir el ganador en elecciones políticas pero se ha adaptado posteriormente a la toma de decisiones en problemas multicriterio [14] y [15].

Sea  $A_i \forall i \in \{1, \dots, n\}$  las diferentes alternativas que se deben analizar y  $C_j \forall j \in \{1, \dots, p\}$  los criterios con los que se evaluarán dichas alternativas. El método Borda ordena ambos en una matriz de  $i$  filas y  $j$  columnas, en la cual se comparan los diferentes  $A_i$  por cada criterio  $C_j$  y se asignan las calificaciones  $R_{ij}$ . En este caso,  $R_{ij}$  será igual a  $n$  para la primera alternativa en el "ranking",  $n - 1$  para la segunda,  $n - 2$  para la tercera y así sucesivamente hasta llegar a uno. En la tabla IX se muestra la matriz de decisión del método.

**TABLA VIII.** RESUMEN DE ESTADÍSTICAS DE LOS MEJORES PORTAFOLIO DE ACCIONES

INDICES PORTAFOLIOS SELECCIONADOS					
PORTAFOLIOS	E (RENTABILIDAD)	RIESGO (STAN. DEV)	KE	VAR	BETA
PORTAFOLIO N°1: 2 ACCIONES	0,0015	0,0094	0,0014	0,0016	0,4298
PORTAFOLIO N°12: 3 ACCIONES	0,0014	0,0079	0,0014	0,0014	0,4190
PORTAFOLIO N°23: 4 ACCIONES	0,0013	0,0078	0,0015	0,0014	0,3460
PORTAFOLIO N° 25: 5 ACCIONES	0,0011	0,0072	0,0014	0,0011	0,4056

Fuente: Autor.

**TABLA IX.** MATRIZ DE DECISIÓN DEL MÉTODO BORDA PARA LOS PORTAFOLIOS DE ACCIONES

MATRIZ DE DECISIÓN					
PORTAFOLIOS	E (R) MÁXIMO	RIESGO (Mínimo)	KE Mínimo	VAR Mínimo	BETA Máximo
PORTAFOLIO N°1: 2 ACCIONES	4,0000	1,0000	(4+ 3+2)/3	1,0000	4,0000
PORTAFOLIO N°12: 3 ACCIONES	3,0000	2,0000	(4+ 3+2)/3	(3+2)/2	3,0000
PORTAFOLIO N°23: 4 ACCIONES	2,0000	3,0000	1,0000	(3+2)/2	1,0000
PORTAFOLIO N°25: 5 ACCIONES	1,0000	4,0000	(4+ 3+2)/3	4,0000	2,0000

Fuente: Autor.

**TABLA X.** RESULTADOS DE LA MATRIZ DE DECISIÓN DEL MÉTODO BORDA

MATRIZ DE DECISIÓN						
PORTAFOLIOS	E (R) Máximo	"RIESGO (Mínimo)"	"KE Mínimo"	"VAR Mínimo"	"BETA Máximo"	b(aij)
PORTAFOLIO N°1: 2 ACCIONES	4,0000	1,0000	3,0000	1,0000	4,0000	13,000
PORTAFOLIO N°12: 3 ACCIONES	3,0000	2,0000	3,0000	2,5000	3,0000	13,500
PORTAFOLIO N°23: 4 ACCIONES	2,0000	3,0000	1,0000	2,5000	1,0000	9,500
PORTAFOLIO N°25: 5 ACCIONES	1,0000	4,0000	3,0000	4,0000	2,0000	14,000

Fuente: Autor.

Una vez calificados  $A_i$  todos los en todos los  $C_j$ , se procede a sumar los  $R_{ij}$  para cada  $A_i$ , y se obtiene el valor  $T_i$ . Se procede a comparar los diferentes y se escoge el  $A_i$  con valor de  $T_i$  más alto, tal como se establece a continuación:

De acuerdo con la tabla 10, se debe seleccionar el portafolio con valor  $T_i$  más alto, es decir, el Portafolio es el n°25, representado por el portafolio de cinco (5) acciones.

### III. CONCLUSIONES

Los métodos de decisión multicriterio facilitan el proceso de toma de decisiones de inversión en títulos de renta variable al permitir integrar diversos criterios para diversas alternativas. En este trabajo en particular se ha seleccionado el método Borda debido a su sencillez y eficiencia, el cual se convierte en una herramienta útil en el proceso de toma de decisiones en el ambiente financiero.

Un aspecto que se debe mejorar de la aplicación del método para la conformación de portafolios de acciones es la posibilidad de asignar diferentes pesos a los diferentes criterios. Este hecho tiene

el inconveniente que se podría incluir subjetividad al modelo de decisión. Para eliminar esta posibilidad los pesos se podrían calcular de acuerdo con el "ranking" relativo de los criterios en el modelo de decisión, ya que entre mejor calificado, mayor peso debería obtener. De esta forma, la calificación obtenida por cada alternativa en cada criterio se multiplicaría por su respectivo peso.

El método Borda permite relacionar simultáneamente las diferentes opciones disponibles en los aspectos que el evaluador tenga en consideración. Esta metodología permite evaluar de manera directa y sin subjetividades la mejor alternativa; adicional a ello, debido a la sencillez en su implementación y ejecución, permite agilizar el proceso de toma de decisiones. Los resultados obtenidos muestran la eficiencia de la metodología seleccionada para la solución de la problemática de conformación de portafolios de acciones.

### IV. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por la Pontificia Universidad Javeriana Cali. Este soporte es gratamente agradecido.

METODOLOGÍA PARA LA CONFORMACIÓN DE PORTAFOLIO DE ACCIONES UTILIZANDO LA TÉCNICA MULTICRITERIO DE BORDA

REFERENCIAS

- [1] A. De Lara Haro, *Medición y control de riesgos financieros*. Editorial Limusa, 2007.
- [2] J. C. Alonso y L. Berggrun, *Introducción al análisis de riesgo financiero*. 2008.
- [3] C. A. Perez, L. A. Cament, and L. E. Castillo, "Methodological improvement on local Gabor face recognition based on feature selection and enhanced Borda count", *Pattern Recognit.*, vol. 44, n° 4, pp. 951-963, 2011.
- [4] M. Zarghami, "Soft computing of the Borda count by fuzzy linguistic quantifiers", *Appl. Soft Comput.*, vol. 11, n°1, pp. 1067-1073, 2011.
- [5] J. W. Escobar y A. C. Jaramillo, "Diseño de una metodología para la toma de decisiones de inversión en portafolio de acciones utilizando la técnica multicriterio AHP: caso Mercado Bursátil Colombiano", in *Global Conference on Business and Finance Proceedings*, 2012, vol. 7, n° 2, p. 714.
- [6] N. Bahmani, D. Yamoah, P. Basseer, and F. Rezvani, "Using the analytic hierarchy process to select investment in a heterogenous environment", *Math. Model.*, vol. 8, pp. 157-162, 1987.
- [7] J.-H. Cheng, C.-W. Chen, and C.-Y. Lee, "Using fuzzy analytical hierarchy process for multi-criteria evaluation model of high-yield bonds investment", in *Fuzzy Systems, 2006 IEEE International Conference*, 2006, pp. 1049-1056.
- [8] F. Tiryaki and B. Ahlatcioglu, "Fuzzy portfolio selection using fuzzy analytic hierarchy process", *Inf. Sci. (Ny)*, vol. 179, n° 1, pp. 53-69, 2009.
- [9] J. Charouz and J. Ramík, "A multicriteria decision making at portfolio management", *Ekonomika Management*, vol. 2, n° 1, pp. 44-52, 2010.
- [10] S. V Le, "Asset allocation: an application of the analytic hierarchy process", *J. Bus. Econ. Res.*, vol. 6, n° 9, pp. 87-94, 2011.
- [11] M. Beshkooh and M. A. Afshari, "Selection of the Optimal Portfolio Investment in Stock Market with a Hybrid Approach of Hierarchical Analysis (AHP) and Grey Theory Analysis (GRA)", *J. Basic Appl. Sci. Res.*, vol. 2, n° 11, pp. 11218-11225, 2012.
- [12] S. Bahloul and F. Abid, "A combined analytic hierarchy process and goal programming approach to international portfolio selection in the presence of investment barriers," *Int. J. Multicriteria Decis. Mak.*, vol. 3, n° 1, pp. 1-20, 2013.
- [13] J. W. Escobar, "Metodología para la toma de decisiones de inversión en portafolio", *Contaduría y Adm.*, proxima publicacion, 2014.
- [14] W.-W. Wu, "Beyond Travel & Tourism competitiveness ranking using DEA, GST, ANN and Borda count", *Expert Syst. Appl.*, vol. 38, n° 10, pp. 12974-12982, 2011.
- [15] D. G. Saari, "Complexity and the geometry of voting", *Math. Comput. Model.*, vol. 48, n° 9, pp. 1335-1356, 2008.