

## NEGOCIACIÓN DE PORTAFOLIOS DE ACCIONES USANDO LA HEURÍSTICA “R”

### RESUMEN

Este documento presenta una metodología para conformar portafolios de acciones. En el se expone la técnica usada para definir precios, la dinámica de negociación (compra, venta y comisión) y la aplicación de un algoritmo (algoritmo R) para determinar el volumen de acciones que maximiza el valor presente neto.

**PALABRAS CLAVES:** Portafolios de acciones, algoritmo R, compra, venta y comisión, valor presente neto

### ABSTRACT

*This document presents a methodology to conform stock portfolios. It depicts the technique used to define prices, the dynamics of businesses (Buying, selling and commissions), and the application of an algorithm (Algorithm R) to determine the volume of stocks that maximize the net present value.*

**KEYWORDS:** *Stock portfolios, Algorithm R, Buying, selling and commissions, net present value*

### 1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas los cambios tecnológicos han tenido vital importancia en la modificación de las operaciones del sistema financiero enmarcadas en la ley 45 de 1990, [1] la cual ajusta la apertura y modernización de la economía y el mercado bursátil nacional.

La introducción de nuevos métodos de análisis y herramientas para la conformación y selección de portafolios de inversión han hecho que se consideren dentro del proceso de toma de decisiones financieras. Entre los métodos más difundidos se encuentran el análisis fundamental, análisis técnico, el modelo de activos de capital a precios de mercado (CAPM), el modelo de fijación de precios por arbitraje (APM) y el modelo de Markowitz. Estos métodos no indican como negociar acciones para maximizar la rentabilidad del portafolio de inversión para maximizar la utilidad en el corto plazo.

La conformación del portafolio está basada en el conocimiento y experiencia del inversionista y de las expectativas del mercado, siendo la etapa de estudio fundamental dentro de la definición del portafolio de inversión.

El objetivo del presente trabajo es proponer una metodología para la conformación de un portafolio de inversión en acciones de la bolsa de valores de Colombia a través de la negociación (movimiento diario de compra y venta) en el corto plazo alcanzando una excelente rentabilidad.

Para validar el modelo se compara los resultados obtenidos con los datos de las cotizaciones de las

### EDUARDO ARTURO CRUZ T

Ingeniero Industrial, Ms.C

Profesor Auxiliar

Universidad Tecnológica de Pereira

ecruz@utp.edu.co

### JORGE HERNAN RESTREPO

Ingeniero Industrial, Ms.C.

Profesor Auxiliar

Universidad Tecnológica de Pereira

jhrestrepoco@utp.edu.co

acciones entre los días 21 y 25 de febrero de 2005 del mercado bursátil colombiano [2]

### 2. TÉCNICAS DE ANÁLISIS BURSÁTIL

#### 2.1 Análisis fundamental

El Análisis fundamental es el estudio de toda la información disponible en el mercado sobre el emisor del instrumento financiero y su entorno empresarial, financiero y económico con la finalidad de obtener su verdadero valor y así formular una recomendación de inversión. Este método recopila y analiza la información histórica pretendiendo anticipar el comportamiento futuro de un título que se cotiza y negocia en bolsa.

#### 2.2 Análisis técnico

El análisis técnico de valores pretende pronosticar las variaciones futuras de un valor bursátil basándose exclusivamente en la evolución de las cotizaciones a lo largo de un periodo de tiempo. Este estudio se realiza mediante el manejo de indicadores y gráficos que reflejan el precio de una acción y su volumen a través del tiempo, con el fin de determinar las tendencias futuras de los precios mediante el análisis de factores claves: el precio, el tiempo y el volumen. [5]

A partir de la información histórica de las variables precio, volumen de acciones transadas se pueden aplicar diferentes técnicas matemáticas y heurísticas para simular el comportamiento futuro de los títulos en el mercado y complementar el análisis fundamental.

### 3. TEORIA DE PORTAFOLIO

#### 3.1 Definición

Un portafolio en términos formales, es una colección de activos, tanto financieros (por ejemplo. Dinero, bonos,

acciones) como reales (por ejemplo, tierras, metales preciosos, edificaciones, obras de arte, energéticos) con características propias de plazo, rentabilidad y riesgo.

### 3.2 Modelo Markowitz

Es un modelo de programación cuadrática, el cual tenía como condiciones de primer orden el aumento marginal en la varianza de invertir un poco más en un activo dado y debería ser proporcional al retorno dado. Esta variación depende tanto de la varianza del retorno del activo, como de la covarianza del retorno de todos los demás activos del portafolio.

Este modelo consiste en buscar aquella composición de la cartera que haga máxima la rentabilidad para un determinado nivel de riesgo, o bien, un mínimo de riesgo para una rentabilidad dada. [3]

### 3.3 Modelo de mercado de Sharpe

El modelo de mercado de Sharpe (1963) denominado modelo diagonal, debido a que la matriz de varianzas y covarianzas solo presenta valores diferentes de cero en la diagonal principal, es decir, en los lugares correspondientes a las varianzas de las rentabilidades de cada título. El modelo asume que el retorno sobre cada título es linealmente relacionado con un exponente único, usualmente tomado para ser el retorno sobre algunos exponentes de mercados (por ejemplo un índice de mercado, ahora conocido como el coeficiente beta. Los supuestos del modelo de precios de activos de capital (CAPM) son:

- los inversionistas son adversos al riesgo y maximizan la utilidad esperada de su riqueza al fin del periodo.
- Los inversionistas son tomadores de precios y tienen expectativas homogéneas acerca de los rendimientos de los activos que tienen distribución normal conjunta.
- Existe un activo libre de riesgo tal que los inversionistas puedan pedir un préstamo.
- Las cantidades de todos los activos riesgosos son fijas.
- La información no tiene costo alguno y está al alcance de todos los inversionistas.
- No existen imperfecciones de mercado como leyes o restricciones sobre ventas de recorte.[4]

## 4. TÉCNICAS HEURÍSTICAS

### 4.1 Generalidades

### 4.2 Presentación formal del algoritmo “R”

1. Definir el número de posiciones del balón y número de jugadores
2. Generar una solución inicial como primera posición del balón
3. Guardar esta secuencia como la mejor hasta el momento

4. Si el número de posiciones del balón no se han agotado hacer lo siguiente:
  - 4.1 Generar los jugadores a partir de la posición del balón
  - 4.2 Hacer que cada jugador se mueva hacia el balón y evaluar cada movimiento:
  - 4.3 Sí el movimiento supera al mejor, hacer este como el mejor
  - 4.4 Generar una nueva posición del balón a partir de la mejor secuencia y evaluar:
  - 4.5 Sí la posición supera la mejor, hacer ésta como la mejor
  - 4.6 Retornar al paso 4

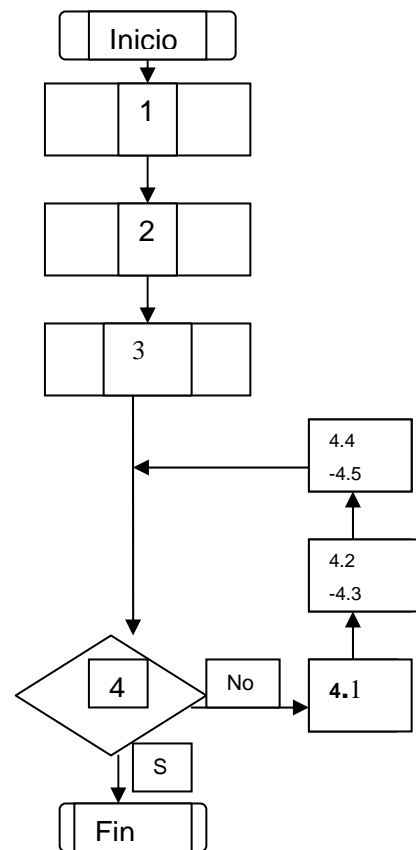


Figura 1. Diagrama de flujo de la heurística “R”

## 5. METODOLOGÍA PROPUESTA

El problema de negociación de acciones está sometido a las prácticas que se realizan en la bolsa de valores:

- El volumen de instrumentos financieros que se está dispuesto a comprar no es ofertado en el mercado.
- El lote de acciones que se pretende vender solo sea demandado parcialmente en el mercado.
- El precio del activo a adquirir sea más alto que el proyectado.
- El precio de venta de las acciones incluidas en el portafolio sea más bajo.

En la realidad no se conoce la evolución del valor futuro del precio de la acción, se debe contar con diferentes escenarios de precios lo cual lo convierte en un problema de optimización bajo incertidumbre, donde la función objetivo es establecer el valor presente neto esperado del portafolio de inversión. La principal característica de la solución obtenida es la representación de una posición robusta para el inversionista, es decir, represente una buena inversión en la mayoría de los posibles precios que tomarían las acciones consideradas.

El método propuesto en este trabajo busca estructurar un proceso de decisión para la selección de portafolios en el corto plazo (cinco días de negociación). Para ello se realiza una combinación de simulación y técnica heurística para maximizar la rentabilidad de la inversión en condiciones de bajo nivel de riesgo.

La metodología propone las siguientes etapas:

- Selección de los instrumentos financieros que tienen la posibilidad de conformar el portafolio.
- Desarrollo del modelo log normal de comportamiento de los precios de las acciones y simulación de Montecarlo de los precios esperados.
- Optimización del portafolio.

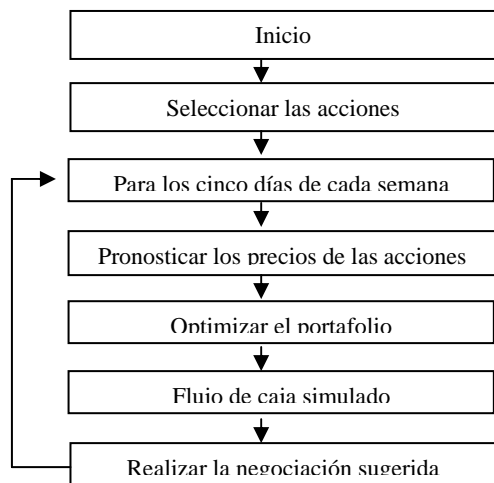


Figura 2. Diagrama de flujo de la metodología propuesta.

### 5.1 Selección de instrumentos financieros

Para la selección de los instrumentos financieros se tomó inicialmente las acciones que mostraban los indicadores bursátiles de las acciones más favorables desde el punto de vista de rentabilidad, liquidez y riesgo (ver figura 3). [2] [6]

	A	B	C	D	E	F
10	INDICADORES	SURAME	BANCO	COR	COL	BANCO
11	RPG	44,89	16,11	10,56	41,35	47,86
12	Q TOBIN	1,23	2,89	1,37	3,54	3,34
13	VALOR PATRIMONIAL	6.523,47	3.088,00	7182,00	3.088,21	4.753,00
14	IBA	10	9,599	9,463	8,69	8,4
15	RENTABILIDAD ESPERADA	0,2911%	0,3046%	0,4136%	0,3771%	0,2244%
16	VARIANZA	0,0450%	0,0368%	0,0576%	0,0568%	0,0178%
17	DESVIACION ESTANDAR	2,1216%	1,9196%	2,4006%	2,3840%	1,3333%
19	POSIIBILIDAD DE PERDIDA	44,54%	43,70%	43,16%	43,72%	43,32%

Figura 3. Indicadores bursátiles bolsa de valores de Colombia.

### 5.2 Desarrollo de los pronósticos de los precios de las acciones seleccionadas

El proceso de conformación del portafolio de inversiones esta basado en las expectativas que tiene el inversionista sobre la evolución de los precios de las alternativas de inversión que atraen su interés. Es fundamental un buen pronóstico que refleje el conjunto de posibles evoluciones que puede sufrir el precio de una acción a partir de su último valor conocido.

#### 5.2.1 Modelo Lognormal del comportamiento de los precios de las acciones

Se fundamenta en que el precio de las acciones sigue un paseo aleatorio. El paseo aleatorio implica que el precio de las acciones en cualquier momento del futuro sigue una distribución Lognormal. Entre las propiedades que se destacan en las variables aleatorias es que no tienen memoria, tal característica se conoce como procesos de Markov, consiste en la independencia de los cambios entre los distintos valores que toma la variable.

Sea:

Pt el precio del activo hoy

Pt+1 el precio del activo mañana

Rt el rendimiento del activo

$$Rt = \ln ( Pt+1/Pt)$$

Se dice entonces que Rt es una variable aleatoria cuya función de distribución de frecuencia es Normal.

Esta distribución tiene la forma matemática (ver expresión 1), cuyos parámetros son la media y la desviación estándar de los rendimientos: [7]

$$f(x) = \frac{e^{-(x-\mu)^2/(2\sigma^2)}}{\sigma\sqrt{2\pi}} \tag{1}$$

Donde:

$\mu$  : es la media

$\pi$  : La constante  $\pi$  ( $\pi = 3.1415169$ )

$\sigma$ : La desviación estándar

La gráfica de la expresión anterior se aprecia en la figura 4.

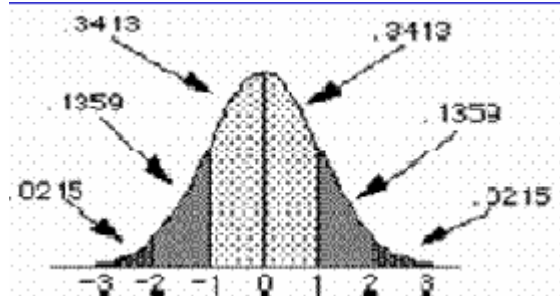


Figura 4. Distribución normal estándar

Este modelo de precios (ver expresión 2) señala que:

$$P_t = P_0 e^{[(\mu - 0.5\sigma^2)t + \sigma Z(t)\sqrt{t}]} \quad (2)$$

Donde:

$P_t$  es el precio futuro

$P_0$  es el precio de hoy

$\mu$  es la media de los retornos  $R_t$

$\sigma$  es la desviación estándar de los retornos

$Z$  variable estandarizada

Con base en la rentabilidad esperada diaria, la varianza de esa rentabilidad esperada, la desviación estándar y los últimos precios reales tomados para cada una de las acciones que pueden conformar el portafolio se pasa a establecer los posibles precios que tomaría cada acción en cada día. Se simuló cada valor esperado con mil ensayos usando el complemento Crystal Ball [8] para la hoja electrónica de Excel. [6].

Las proyecciones corresponden a posibles evoluciones del precio de cada acción en el futuro. Esto implica que debe entregarse al modelo una muestra representativa de las posibles evoluciones de precios obtenidos a través de los cuartiles de los datos arrojados en la simulación ( ver figura 5).

	A	B	C	D	E	F
1		BanBogota	Coltabaco	Suramericana	Bancolombia	Corfinsura
2	rentabilidad esperada diaria	0,2032%	0,3888%	0,2788%	0,2900%	0,3995%
3	varianza	0,0178%	0,0583%	0,0458%	0,0359%	0,0573%
4	riesgo	1,3329%	2,4155%	2,1396%	1,8951%	2,3944%
5	precios 18 feb 05	15.806,75	10.540,00	9.090,92	8.992,61	9.921,65
6	Pronostico dia 1					
7	cuartil 25%	15.790,00	10.526,26	9.064,96	8.975,18	9.903,08
8	cuartil 50%	15.837,00	10.585,40	9.115,36	9.018,38	9.965,68
9	cuartil 75%	15.889,00	10.648,46	9.165,41	9.062,44	10.020,03
10	cuartil 100%	15.944,00	10.709,29	9.214,24	9.104,47	10.081,27

Figura 5. Pronostico de precios para el primer día.

### 5.3 Optimización del portafolio

Con la matriz de precios obtenida de las posibles evoluciones de los precios de las acciones para cada uno de los próximos cinco días, se pretende encontrar una solución rentable para la mayoría de las posibles evoluciones del mercado, asumiendo que cada una es equiprobable. La solución optima buscada es el vector de volumen de cada acción para cada día del horizonte de portafolio que multiplicada por uno de los posibles precios maximice el valor para el inversionista. La evaluación se realiza a través del Valor Presente Neto (VPN) sujeta a una tasa de oportunidad como se aprecia en la figura 6.

Función Objetivo:  $\text{Máx: } \frac{(1-C)^T}{(1+K)^P} \sum_{L=1}^T \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N A_i P_j$

Sujeto a las siguientes restricciones:

$$\sum_{L=1}^T \sum_{i=1}^M A_i * P_s \leq D_L$$

$$A_i \leq V_i$$

$$A_i \geq 0$$

Figura 6. Modelo matemático de la optimización del portafolio

Donde:

$P_j$ : es son los precios de cada acción en cada día

$A_i$ : número de acciones a negociar en cada acción en cada día.

$L$ : El día de la negociación

$P$ : El número de periodos (días) para evaluar el Valor Presente Neto.

$K$ : es la tasa de oportunidad del inversionista.

$C$ : es la comisión del intermediario financiero.

$D_L$ : Capital disponible para invertir en el día "L"

$V_i$ : Volumen de acciones consideradas como tope máximo.

#### 5.3.1 Parámetros del método R. [9]

El modelo se programó en visual basic para Excel con los siguientes parámetros:

- Se simuló con un paquete de 5 acciones.
- La negociación se realizó para seis días, teniendo en cuenta que en el último día vende las acciones que posee.
- Se tomó como volumen máximo un valor de 10.000 acciones.
- Para el recorrido del modelo se tomó 100 balones y dos jugadores.

### 5.4 Simulación de la negociación de acciones y el flujo de caja

La simulación de la negociación de acciones es la siguiente:

1. Definir días de negociación.
2. Aplicar algoritmo R para buscar la relación de volumen-precio que maximiza el Valor Presente Neto(VPN)
3. Determinar el tipo de negociación (compra o venta).
  - Sí hay ventas, hacerlas primero para generar recursos (disponible). Calcular el disponible restando a la venta la comisión.
  - Sí hay compra, calcular el valor de la compra y la comisión y comparar con el disponible. Si el disponible cubre la compra y la comisión, comprar, de lo contrario determinar el número de acciones a comprar de tal manera que la negociación no supere el disponible.
4. Sí los días de negociación no se han agotado repetir los pasos 2 y 3, de lo contrario ir al paso 5.
5. Vender todo y calcular el disponible (venta menos comisión) y determinar VPN.

### 5.4 Resultados

Para obtener el plan de negociación para los próximos 5 días se elaboró un programa en Visual Basic para Excel [6]. Se realizaron 8 corridas variando los parámetros del Algoritmo R. en la figura 7 se exponen los resultados obtenidos para los 5 días en uno de los ensayos, donde:

- Va es el volumen inicial de acciones para el día n.
- Vb es el volumen de acciones con que se debe finalizar el día n.
- Vc es el volumen de negociación (compra o venta) de acciones para el día n. Sí los valores son negativos indica la venta en caso contrario la decisión es comprar.
- P es el precio esperado de la acción en el mercado.
- Recuperación venta final. Es la conversión del volumen de las acciones en dinero tomando el precio más bajo del último día de negociación.
- Disponible. Valor del dinero que no fue invertido al final de la negociación.
- VPN. Es el valor final del capital ajustado a la tasa de descuento del inversionista.

va	vb	vc	p
0	0	0	15790
0	2880	2880	10709,292
0	4901	4901	9214,244698
0	2629	2629	9104,46687
0	0	0	9903,077763
0	2840	2840	15958
2880	0	-2880	10454,61497
4901	5569	668	9223,066737

2603	0	-2603	8932,151922
0	0	0	9847,565857
2840	0	-2840	15678
0	1769	1769	10616,97621
5569	4	-5565	9212,819498
0	261	261	8964,070353
0	7501	7501	9995,448328
0	5477	5477	15935,57398
1769	0	-1769	10306,23881
4	0	-4	8901,824264
261	0	-261	8837,884675
7501	0	-7501	9717,55577
5477	3354	-2123	15674,73177
0	0	0	10254,52431
0	2670	2670	9055,904985
0	27	27	9078,357213
0	1559	1559	9787,353835
Recuperación venta final			\$ 92.844.335
Disponible			\$ 533.345
VPN			\$ 92.866.749

Figura 7. Resultados de negociación

### 5.5 Evaluación de la solución propuesta en el modelo.

Para evaluar la propuesta de negociación determinada en el modelo se toman los precios reales de las acciones en el mercado bursátil con los volúmenes de compra - venta y el costo por comisión del 0.003 para cada operación. En la figura 8 se muestran los resultados obtenidos para una de las corridas del programa. Se tomó como capital inicial 110 millones de pesos para invertirlos en las 5 acciones establecidas y termina con un capital de \$114.227.636.

Precio	Venta	Compra	Disponible
15.995		0	
10.540		30.355.200	
9.541		46.760.441	
9.222		24.244.638	
10.974		0	
		101.360.279	8.335.640
16.032	0	45.530.880	
10.742	30.936.960	0	

9.939	0	6.639.252	
9.393	24.449.979	0	
11.146	0	0	
	63.722.579	52.170.132	11.229.776
16.039	45.550.760	0	
10.718	0	18.960.142	
10.186	56.685.090	0	
9.346	0	2.439.306	
11.574	0	86.816.574	
	113.465.626	108.216.022	4.618.248
16.152	0	88.464.504	
11.019	19.492.611	0	
10.910	43.640	0	
9.451	2.466.711	0	
11.957	89.689.457	0	
	116.310.667	88.464.504	27.245.693
15.980	33.925.540	0	
10.806	0	0	
10.365	0	27.674.550	
9.295	0	250.965	
11.802	0	18.399.318	
	61.171.233	46.324.833	14.605.648
15.980	53.596.920		
10.806	0		
10.365	27.674.550		
9.295	250.965		
11.802	18.399.318		
			114.227.636
VPN	113.942.495		
TIR	0.7571%		

Figura 8. Evaluación de la solución con precios reales

## 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El Algoritmo R adaptado para resolver el problema de negociación de acciones recomienda un plan de inversiones evaluado con precios reales obtiene un valor presente neto de 113.942.495 sujeto a una tasa del 0.005% diaria es favorable.

La tasa interna de retorno de la inversión establece una rentabilidad diaria de 0.7571%, es una tasa alta frente a las posibilidades de inversión en el mercado.

El modelo realizado en el presente trabajo es una primera aproximación para una metodología que incluya otros factores que inciden en el mercado como son la tasa de interés libre de riesgo y el mercado de divisas entre otros.

Es recomendable comparar el algoritmo R utilizado con otras heurísticas para su evaluación.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Sitio Web de la superintendencia Bancaria, <http://superbancaria.gov.co>
- [2] Sitio Web de la superintendencia de Valores, <http://supervalores.gov.co>
- [3] MARKOWITZ, Harry. Portfolio Selection. The Journal of Finance vol 1, Marzo 1.952 Págs: 77-91
- [4] SHARPE, F Willian, Capital Asset prices: A theory of Market Equilibrium under conditions of risk Vol xix No. 3, Septiembre 1.964 Págs: 425-442.
- [5] RODRIGUEZ, Mariano. ABC de acciones y bonos con excel, primera edición, 190 páginas, grupo Omicron System, 2002
- [6] Software Microsoft Office 2000 Excel
- [7] HULL, John C. Introducción a los mercados de futuros y opciones, cuarta edición, págs: 264-269, grupo Prentice Hall.
- [8] Software Decisionering Cristal Ball Versión 7.1
- [9] RESTREPO J. HERNAN, Una heurística para determinar la secuencia de entrega de un lote de pedidos, Revista Scientia et Técnica Año X, No. 25, Agosto 2004. UTP. Pereira-Risaralda-Colombia.