

Modelo matemático de optimización de Konno y Yamazaki para la selección de acciones en el mercado bursatil: una aplicación al caso ecuatoriano

Konno and Yamazaki mathematical optimization model for stock selection in the stock market: an application to the Ecuadorian case.

Diego Patricio Hidalgo Cajo

Licenciado en Ciencias de la Educación, Profesor de Ciencias Exactas. Universidad Nacional de Chimborazo

diego.hidalgo@unach.edu.ec

<http://orcid.org/0000-0002-1937-0752>

Héctor Salomóm Mullo Guaminga

Ph.D., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias

Instituto Nacional de Evaluación Educativa

hmullo@epoch.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-8448-4652>

Jessica Alejandra Marcatoma Tixi

Ingeniera en Estadística Aplicada, Máster Universitario en Estadística Aplicada. Universidad Nacional de Chimborazo.

jessica.marcatoma@unach.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-9531-3234>

Resumen

El progreso de la Bolsa de Valores de Quito, depende de varios factores, una de ellas es la compra y venta de acciones por parte de los inversionistas, sin embargo para usuarios que inician en esta actividad es necesario una herramienta útil para obtener altas posibilidades de conseguir mayor



Imaginario Social

Entidad editora

REDICME (reg-red-18-0061)

e-ISSN: 2737-6362

julio-diciembre 2023 Vol. 6-3-2023

[http://revista-](http://revista-imaginariosocial.com/index.php/es/index)

[imaginariosocial.com/index.php/es/index](http://revista-imaginariosocial.com/index.php/es/index)

Recepción: 22 de mayo 2023

Aceptación: 26 de junio 2023

157-174

Atribución/Reconocimiento-NoComercial- CompartirIgual 4.0 Licencia Pública Internacional — CC

BY-NC-SA 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/legalcode.es>

rentabilidad con un menor riesgo, desde esta perspectiva, el objetivo de la investigación es aplicar y validar el modelo matemático de Konno y Yamazaki que permita optimizar la inversión en acciones de las empresas en el mercado bursátil, la investigación se enmarca en un enfoque cuantitativo, no experimental, exploratorio, cuyos resultados están en función de los registros históricos que corresponde desde el año 2015 al 2022 de las inversiones de la Bolsa de Valores de Quito, el modelo fue resuelto utilizando el programa R obteniendo un portafolio conformado con las 5 mejores empresas del mercado bursátil, por su menor riesgo de inversión y por sus altas rentabilidades, todo esto con su respectiva validación del modelo que consistió en dividir en dos partes iguales debido a que se encuentra segmentado el periodo de estudio, en la primera parte se realiza el ajuste del modelo de Konno y Yamazaki, luego a la primera parte le añadimos un segmento de la segunda parte y procedemos a realizar nuevamente el ajuste, y así sucesivamente hasta llegar a utilizar todos los segmentos de la segunda parte, en total se realizó 32 ajustes del modelo obteniendo a la Cervecería Nacional, Banco del Guayaquil y Banco del Pichincha como las empresas con mayor peso en rentabilidad y menor riesgo de inversión en los ajustes efectuados.

Palabras Clave: portafolio, optimización, modelo, programación lineal.

Abstract

The progress of the Quito Stock Exchange relies on several factors, one of which is the buying and selling of shares by investors. However, for beginners in this activity, a useful tool is required to increase the likelihood of achieving higher profitability with lower risk. From this perspective, the aim of the research is to apply and validate Konno and Yamazaki's mathematical model to optimize investment in company stocks in the stock market. The research is framed in a quantitative, non-experimental, exploratory approach, with results dependent on historical records from 2015 to 2022 of investments in the Quito Stock Exchange. The model was solved using the R program, resulting in a portfolio composed of the five top-performing companies in the stock market, due to their lower investment risk and high returns. All of this is accompanied by the model's validation, which involved dividing the study period into two equal parts. The first part involves fitting the Konno and Yamazaki model, then a

segment of the second part is added to the first part, and the fit is performed again, repeating this process until all segments of the second part are used. In total, 32 model fits were performed, identifying Cerveceria Nacional, Banco del Guayaquil, and Banco del Pichincha as the companies with the highest weight in terms of profitability and the lowest investment risk in the adjustments made.

Keywords: portfolio, optimization, model, linear programming.

Introducción

Las empresas requieren recursos o dinero para financiar sus proyectos y una forma de obtener es a través del mercado bursátil, mediante la emisión de valores como las acciones, obligaciones, el papel comercial, entre otros, todo lo disponible en este ecosistema bursátil (Zavala & Dalia, 2009), lo que significa un gran aporte a la economía para el sector público y privado del país. (Cadena, Pinargote, & Solórzano, 2022)

En este sentido es importante el crecimiento del mercado bursátil, pero esto dependen de la obtención de fondos nuevos que permite reducir la vulnerabilidad de las empresas que integran este entorno, frente a los bancos que su sistema puede provocar caos económico a sus prestamistas; por lo que hoy en día los créditos proporcionados por estas entidades bancarias representan el 20 % de las fuentes de financiamiento de las empresas, frente al 80 % provenientes de los mercados bursátiles (Jaramillo & Yumibanda, 2019).

Bajo este contexto las empresas requieren fondos para no depender de los bancos, esto hace que el mercado bursátil abra las puertas a los pequeños, medianos y grandes inversionistas (personas naturales o jurídicas) a invertir su dinero en las diferentes empresas y obtener altos rendimientos de sus capitales, ya que para participar en el mercado bursátil no se requiere de montos mínimos de inversión (González & Nieto, 2016).

Es importante señalar, que los mercados bursátiles se encuentran en constante progreso, sin embargo, en Ecuador es limitado (Vásquez, Muñoz, & Ortega, 2020), solo ha crecido el 3% desde que se creó la primera Ley del Mercado de Valores en el año de 1993, hasta el año 2016, de la misma manera y en relación al Producto Interno Bruto (PIB), se ha incrementado del 5 % al 8 %. Este mínimo crecimiento hace que el

mercado bursátil ecuatoriano sea muy poco competitivo en relación a los países vecinos los cuales están avanzando de forma vertiginosa y eficaz en comparación a este país (Miño, 2018).

Sin embargo, el mercado bursátil ecuatoriano sigue en ascenso con un importante crecimiento con respecto a los años anteriores por lo que en el año 2019 alcanzó el 11% (Mayorga, 2021), superando este porcentaje en el año 2022 con un 15% respecto al PIB, siendo este año el crecimiento más alto del mercado bursátil desde su creación (Tavra, 2022)

Desde esta perspectiva el crecimiento del mercado bursátil se ha desarrollado lentamente debido a varios factores, entre ellos la falta de conocimiento del movimiento del mercado de valores (Méndez, 2016), que ha limitado el acceso a la mayor parte de la sociedad, privando de sus beneficios sustanciales a los emisores e inversionistas de este importante segmento que aporta en gran medida al desarrollo económico del país. De igual manera la limitada información por parte de las entidades e instituciones que tiene competencia en el mercado bursátil (Quiñonez, 2018), afecta la transparencia y credibilidad de las empresas y los activos financieros que se negocian, generando una desconfianza y truncando los proceso para una verdadera democratización del mercado de valores ecuatoriano (Montenegro, 2018).

En este sentido el proceso de la toma de decisión por parte del inversionista se transforma en una incertidumbre al no saber cuál es la decisión más adecuada a tomar en la inversión en acciones, que es una actividad que habitualmente se enfrentan con el fin de aumentar su capital financiero mediante la compra de acciones de una empresa constituida como sociedad anónima, las cuales otorga ciertos beneficios económicos que depende de la generación de utilidades (Escobar, 2014).

Las decisiones que el inversionista realiza al invertir su capital en la compra de activos de la empresa traen consigo niveles de riesgo que son inherentes en las actividades de inversión (García, González-Bueno, & Oliver, 2019), por ello es importante modelos de decisión estructurados que abandonen los métodos tradicionales basados en la intuición y experiencia. En los mercados en vías de desarrollo, estos modelos son muy importantes debido a la inestabilidad de las variables económicas y al temor que genera para los inversionistas al no poder materializar los rendimientos deseados en un lapso de tiempo determinado (Ramírez, 1996).

Con lo expuesto la presente investigación tiene como objetivo aplicar el modelo matemático de optimización de Konno y Yamazaki para la selección de acciones de las empresas de la bolsa de valores de Quito.

La investigación tiene relevancia porque en la actualidad existe facilidades dentro del mercado bursátil de invertir en la Bolsa de Valores, donde se halla la interacción entre compradores y vendedores cuyo objetivo es invertir sus activos personales o empresariales, muchos por medio de intermediarios y otros de manera directa (Fernandez, Aguilera, & Galarza, 2018). En este marco, las personas naturales tienden a dudar en invertir sus capitales, debido fundamentalmente a la falta de una herramienta que les proporcione una guía de cómo invertir de forma segura su capital, en las diferentes empresas que participan en el mercado bursátil en particular en la Bolsa de Valores de Quito, esto hace importante que se realice investigaciones con estas herramientas.

Entre los modelos tradicionales más importantes de optimización para la selección de portafolio de acciones en el mercado bursátil está el modelo de Markowitz (1952), es la base de la mayoría de modelos de selección de portafolio (Martínez, Restrepo, & Velásquez, 2004) , Sharpe (1964), Ross (1976) y Black-Litterman (1992) entre las mayores ventajas que presentan estos modelos esta que se logran portafolios razonables, intuitivos, equilibrados y estables en el tiempo. Sin embargo, no están exentos de limitantes como la suposición de distribuciones normal del mercado o ineficiencia computacional asociados a la resolución de problemas cuadráticos de gran envergadura. En respuesta a esto Konno y Yamazaki (1991) introdujeron un modelo que utiliza la desviación media absoluta como medida de riesgo de un portafolio de inversión y soluciona la ineficiencia computacional mediante el desarrollo de un método lineal de optimización de portafolios con base en funciones lineales de riesgo (Ortiz, Lucero, & Martínez, 2019).

Por consiguiente, una herramienta importante y computacionalmente eficiente de optimización para la selección de cartera que se utilizará en esta investigación es el modelo matemático de Konno y Yamazaki que puede ser resuelta mediante programación lineal (Forgués & Jiménez, 2012), y que aplicada en el contexto de la Bolsa de Valores de Quito permitirá al inversionista conocer los beneficios que proporciona los modelos matemáticos de optimización que indica el curso de acción

que debe seguirse para lograr el objetivo definido (Muñoz, María, & Manuel, 2011), es decir tener una herramienta útil, de fácil uso que servirá como guía para invertir capital en diferentes empresas del mercado bursátil en forma segura.

El modelo de Konno y Yamazaki, se detalla a continuación:

$$\min \sum_{t=1}^T y_t/T$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^N a_{jt}x_j + y_t \geq 0 \quad t = \{1, \dots, T\}$$

$$-\sum_{j=1}^N a_{jt}x_j + y_t \geq 0 \quad t = \{1, \dots, T\}$$

$$\sum_{j=1}^N r_j x_j \geq \rho$$

$$\sum_{j=1}^N x_j = 1$$

donde:

x_j ... Tanto por uno invertido en el activo financiero j .

$$a_{jt} = r_{jt} - r_t$$

donde:

r_j ... es la rentabilidad media esperada del activo financiero j :

$$r_j = \sum_{t=1}^T r_{jt}/T$$

r_{jt} ... es la tasa de rentabilidad del activo financiero j en el periodo t ;

$$j = \{1, 2, \dots, n\}, t = \{1, 2, \dots, T\}$$

ρ ... es la tasa de rentabilidad requerida o deseada parametrizable.

Donde r_{jt} podrían ser las tasas de rentabilidad observadas históricamente o cualquier otra realización de la variable r_j . Ahora, con el planteamiento formal de programación lineal, se minimiza la suma de las desviaciones absolutas con respecto a las rentabilidades esperada de cada activo financiero (Villalba, 1998).

Materiales y Métodos

La investigación tiene enfoque cualitativo - cuantitativo, en primera instancia la investigación se enmarca en la revisión bibliográfica que logra determinar un modelo que presenta una interpretación sencilla que induce al inversionista a su utilización sin un conocimiento muy avanzado, como es el modelo de Konno y Yamazaki, que es analizado desde sus diferentes variables que permite su aplicación en la toma de decisiones en la inversión de acciones de la bolsa de valores. Desde este punto la investigación aplica el modelo y mediante el enfoque cuantitativo permite la selección de acciones de las empresas de la bolsa de valores de Quito.

Desde este sentido la aplicación del modelo matemático de optimización de Konno y Yamazaki permitirá determinar el mejor balance Riesgo - Rendimiento, en el cual se recomienda invertir al inversionista, para lo cual su validación es importante ya que se logró determinar su efectividad en la toma de decisiones.

Los datos fueron obtenidos de registros secundarios de la Bolsa de Valores de Quito de los años 2015 al 2022 con información mensual sobre la compra y venta de acciones de las diferentes empresas. Por lo tanto, se trabajó con información de toda la población de empresas y registros de compra y venta de la Bolsa de Valores de Quito en el periodo 2015 al 2022.

El ajuste del modelo de Konno y Yamazaki se realizó utilizando el paquete "fPortfolio" del software estadístico R (Wertz, D. y Setz, T, 2014).

Técnicas de análisis de datos

El cálculo del modelo de optimización de las acciones incluye 6,3 años de datos históricos con un total de 27164 acciones de un total de 58 empresas. Todos los

cálculos se realizaron utilizando el lenguaje R, un software estadístico. Los valores de las acciones se convirtieron en .xlsx legible en lenguaje R.

Se realizó una depuración de las empresas con al menos un 40% de datos faltantes durante el periodo de análisis, estos datos faltantes son acciones que no se pusieron a la venta en varios días. Luego de la depuración se trabajó con 12 empresas que tienen mayor presencia en la Bolsa de Valores de Quito respecto a la comercialización de las acciones, estas fueron: "Banco de la Producción S.A. Produbanco", "Banco Pichincha S.A.", "Cervecería Nacional S.A", "Corporación Favorita S.A.", "Inversiones San Carlos", " Sociedad Agrícola e Industrial San Carlos", "Banco Bolivariano", "Banco Guayaquil S.A.", "Brikapital Sa", " Conjunto Clínico Nacional Conclina C.A ", "Holcim Ecuador S.A." , "Mutualista Pichincha". Seguido se depuran otras empresas por tener un rango muy alto de variación respecto a las acciones. Estas empresas fueron "Brikapital Sa" y " Conjunto Clínico Nacional Conclina C.A ", quedando 10 empresas para realizar el análisis de las acciones en el mercado bursátil.

De las 10 empresas seleccionadas, se imputan con la media los datos faltantes. Luego se optimizó la cartera respecto a las acciones de las diferentes empresas empleando el modelo de Konno y Yamasaki que minimiza las desviaciones absolutas respecto a la rentabilidad media esperada de un portafolio de las 10 empresas seleccionadas que tienen mayor presencia en la bolsa de valores de Quito.

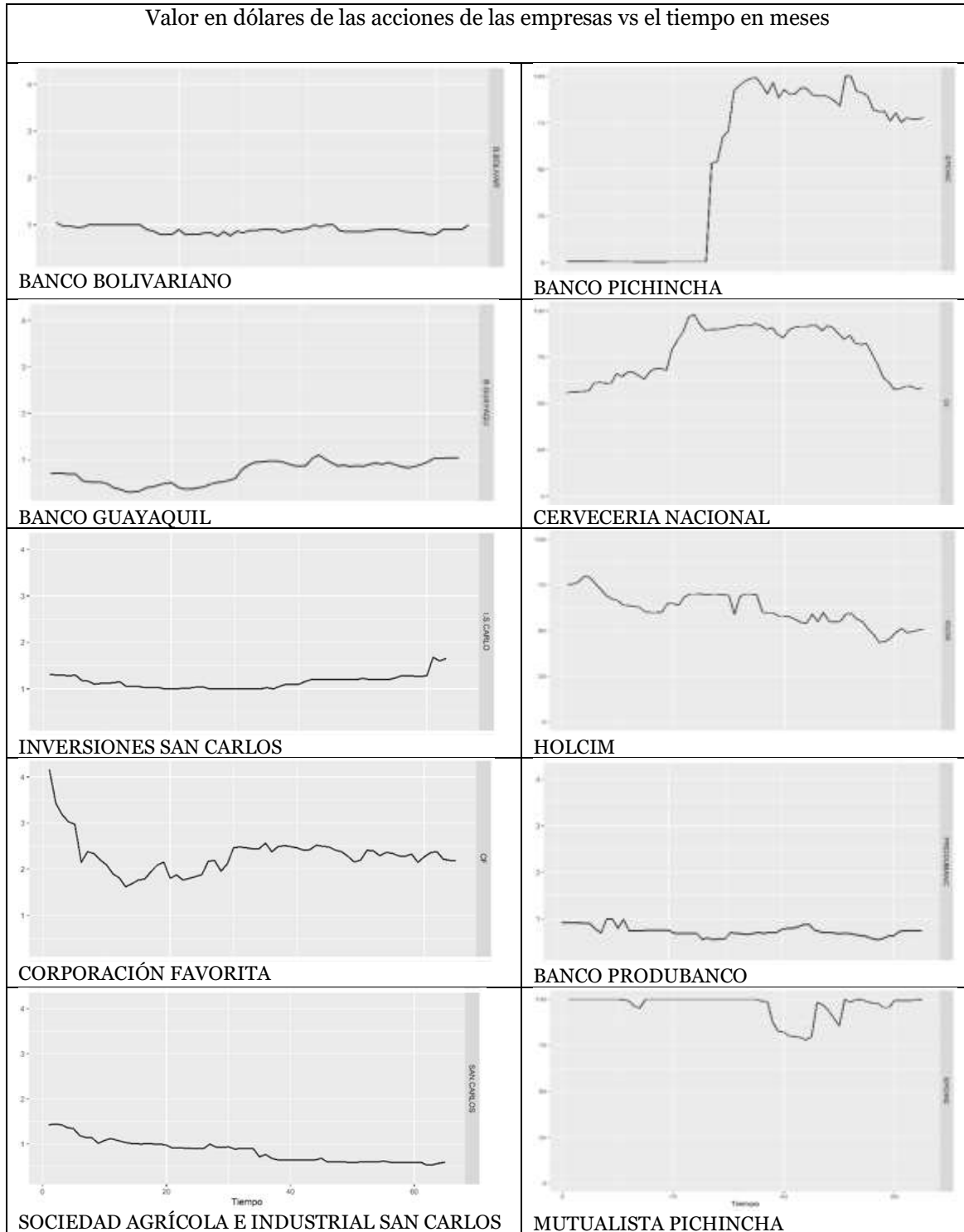
Se obtuvo conclusiones que tienen que ver con los porcentajes que se asigna a cada empresa, con el fin de minimizar la función objetivo. Esta función depende de unas variables y_t que representan las desviaciones absolutas respecto a la rentabilidad esperada del portafolio.

Resultados

La investigación arrojó información significativamente importante, debido a que en primer lugar el modelo seleccionado pretende minimizar las desviaciones absolutas respecto a la rentabilidad media esperada del portafolio esperado de las 10 empresas seleccionadas, para lo cual en primer lugar observamos las cotizaciones durante el periodo de tiempo de estudio de las acciones de las empresas en cuestión:

Tabla 1. Cotizaciones de las acciones de las 10 empresas con mayor presencia en la

Bolsa de Valores de Quito durante el periodo 2015 – 2022.



Fuente: Bolsa de Valores de Quito.

Según las gráficas se observa que las empresas, Banco Bolivariano, Banco Produbanco,

Corporación Favorita y Mutualista Pichincha tienen una estabilidad en el valor de sus acciones en casi todo el tramo de tiempo de estudio, mientras que las empresas Banco Pichincha, Banco Guayaquil e Inversiones San Carlos hay una tendencia de crecimiento en el valor de las acciones, finalmente las empresas Holcim y San Carlos tienen una tendencia a la baja del valor de sus acciones durante todo el periodo de estudio, algo relevante que se puede observar que la empresa Cervecería Nacional que durante casi todo el tramo de tiempo las acciones crecieron sustancialmente y al último tramo tuvieron un decrecimiento notable de sus acciones.

Ya con la información del valor de las cotizaciones de las acciones de la bolsa de valores de Quito, entre el periodo 2015 al 2022 se realizó un análisis descriptivo de la rentabilidad de las acciones de las empresas en cuestión obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 2. Análisis descriptivo de las 10 empresas con mayor presencia en la Bolsa de Valores de Quito durante el periodo 2015 - 2022

Empresas	Min	Q1	Mediana	Media	Q2	Max	sd
BANCO BOLIVARIANO C.A.	-12.67	-1.64	0.00	-0.09	1.66	13.26	5.43
BANCO DE LA PRODUCCIÓN S.A. PRODUBANCO	-25.25	-2.64	0.00	0.12	1.57	42.86	9.68
BANCO GUAYAQUIL S.A.	-20.85	-3.39	0.99	1.01	5.55	31.88	8.93
BANCO PICHINCHA C.A.	-11.50	-3.46	0.00	167.43	2.04	10357.52	1315.38
CERVECERIA NACIONAL CN S.A	-9.91	-2.22	0.10	0.19	1.32	16.69	4.21
CORPORACION FAVORITA C.A.	-27.69	-4.57	-0.63	-0.74	3.22	16.67	7.23
HOLCIM ECUADOR S.A.	-15.04	-2.76	-0.43	-0.55	0.77	16.73	5.10
INVER. SAN CARLOS	-8.97	0.00	0.00	0.47	1.26	31.25	4.75
MUTUALISTA PICHINCHA	-11.54	-0.80	0.00	0.07	0.00	23.40	4.28
SAN CARLOS SOC. .AGR. IND.	-20.37	-2.69	0.00	-1.42	0.21	11.11	4.91

Fuente: Bolsa de Valores de Quito

Como se puede observar entre las rentabilidades promedio de las acciones de las

empresas más relevantes tenemos del Banco Guayaquil, Banco Pichincha, Cervecería Nacional, Inversiones San Carlos, son empresas que generaron rentabilidades positivas durante el periodo de análisis, el resto de las empresas obtuvieron rentabilidades negativas.

Una vez obtenida esta información se plantea el modelo de optimización de Konno y Yamasaki, con el objetivo de seleccionar el portafolio de inversiones en la bolsa que este conformada por acciones de bajo riesgo para un rendimiento objetivo dado del 7%, utilizando la siguiente configuración para el ajuste del modelo:

Type: MAD
 Optimize: minRisk
 Estimator: covEstimator
 Params: Alpha = 0.05
 Solver: solveRglpk.MAD

Tabla 3. Pesos del portafolio según empresas

EMPRESAS	PESO DEL PORTAFOLIO
BANCO BOLIVARIANO C.A.	0.0000
BANCO DE LA PRODUCCION S.A. PRODUBANCO	0.0000
BANCO GUAYAQUIL S.A.	0.2179
BANCO PICHINCHA C.A.	0.0395
CERVECERIA NACIONAL CN S A	0.3663
CORPORACION FAVORITA C.A.	0.0000
HOLCIM ECUADOR S.A.	0.0000
INVERSANCARLOS	0.1678
MUTUALISTA PICHINCHA	0.2085
SOCIEDAD AGRÍCOLA E INDUSTRIAL SAN CARLOS	0.0000

Fuente: Bolsa de Valores de Quito

Tabla 4. Riesgo de covarianza según empresas

EMPRESAS	RIESGO DE COVARIANZA
BANCO BOLIVARIANO C.A.	0.0000
BANCO DE LA PRODUCCION S.A . PRODUBANCO	0.0000
BANCO GUAYAQUIL S.A.	0.0053
BANCO PICHINCHA C.A.	0.9932
CERVECERIA NACIONAL CN S A	0.0011
CORPORACION FAVORITA C.A.	0.0000
HOLCIM ECUADOR S.A.	0.0000
INVERSANCARLOS	0.0001
MUTUALISTA PICHINCHA	0.0002
SOCIEDAD AGRÍCOLA E INDUSTRIAL SAN CARLOS.	0.0000

Fuente: Bolsa de Valores de Quito

Tabla 5. Rendimiento y riesgo objetivo

Mean	Cov	CVaR	VaR
7.0000	52.2590	4.9344	3.6885

Fuente: Bolsa de Valores de Quito

De acuerdo a los resultados indica que se debe invertir en mayor porcentaje de dinero en la compra de acciones de la Cervecería Nacional con un 36,63%, en las acciones del Banco de Guayaquil con un 21,79% , en las acciones de la Mutualista Pichincha un 20,85% , en las acciones de Inversiones San Carlos un 16,78% y un 3,95% en las acciones del Banco Pichincha, con un riesgo de inversión de 0,0011; 0,0053; 0,9932; 0,0001 y 0,0002 respectivamente para cada una de las empresas.

Validación del Modelo de Konno y Yamazaki

Para comprobar la validez del modelo, se dividió la información en dos partes iguales, una que contenía información desde el periodo 1 hasta $\frac{T}{2}$, la otra parte contenía información desde el periodo $\frac{T}{2} + 1$ hasta T . Posteriormente se ajustó el modelo de Konno y Yamazaki en la primera parte de la información (1 hasta $\frac{T}{2}$). Luego se divide la información en dos partes, una desde el periodo 1 hasta $\frac{T}{2} + 1$ y la otra parte desde el periodo $\frac{T}{2} + 2$ hasta T . Seguido se ajustó el modelo de Konno y Yamazaki. La división de la información y ajuste se realizó hasta cuando la primera parte de la información contenía los datos desde el periodo 1 hasta T (fueron en total 32 ajustes del modelo). De cada uno de los ajustes se registró los tres primeros pesos más grandes del portafolio. Los resultados mostraron que Cervecería Nacional tubo el mayor peso en los 32 ajustes, seguido Banco de Guayaquil tubo el segundo mayor peso en 29 ocasiones, finalmente Banco Pichincha registró en 26 veces el tercer valor más grande del peso. De tal manera queda validado el modelo porque al someterlas a datos pasados disponibles el sistema actual reproduce los escenarios pasados, es decir existe un patrón, pero como no hay la certeza de que en el futuro el sistema siga reproduciendo lo escenarios pasados, entonces hay que estar pendientes a los cambios posibles del sistema con el tiempo (Valencia, 2018).

Conclusiones

Los inversionistas de la Bolsa de valores de Quito en general pretenden obtener un máximo rendimiento con un mínimo riesgo. Por lo que el portafolio de valores es un conjunto de distintos valores de las acciones de las empresas en distintos porcentajes.

En el apartado de estudio de las inversiones de la Bolsa de Valores de Quito se ha considerado 10 empresas con fuerte presencia en la Bolsa de Valores, de las cuales 5 empresas (en orden de importancia: Cervecería Nacional, Banco de Guayaquil, Mutualista Pichincha, Inversiones San Carlos y Banco Pichincha) fueron las que conformaron el portafolio, esta selección fue con la ayuda del modelo de Konno y Yamazaki que aplica programación lineal. Es importante indicar que la empresa con mayor riesgo de inversión fue Mutualista Pichincha y la de menor riesgo Inversiones San Carlos.

Con los resultados obtenidos por medio del programa R obtenemos un portafolio eficiente de inversiones y minimizando el riesgo de las inversiones en las diferentes empresas, cabe indicar la importancia de los datos utilizados en esta investigación. Esta información histórica robusta consideró 6.3 años.

En este mismo caso de estudio de las inversiones de la Bolsa de Valores de Quito se validó el modelo sometiéndole inicialmente el 50% de la base de datos históricos para realizar el primer ajustes al modelo de Konno y Yamazaki y luego ir sometiéndole un porcentaje mayor al 50% para nuevamente realizar un nuevo ajuste, y así sucesivamente hasta llegar al 100% de la base de datos y para finalmente observar si se repite el mismo comportamiento obteniendo aproximaciones a los resultados relevantes.

Luego de resolver el problema de inversión en la Bolsa de Valores de Quito por el modelo de Konno y Yamazaki se pudo observar que es un modelo determinista y no requiere altos costos computacionales.

Referencias

- Bolsa de Valores de Quito S. A. (12 de Enero de 2022). *Cotizaciones Históricas*. Obtenido de Cotizaciones Históricas Web site: <https://www.bolsadequito.com/index.php/estadisticas/boletines-2/cotizaciones-historicas>
- Cadena, J., Pinargote, H., & Solórzano, K. (2022). Contribución del mercado bursátil al crecimiento y modernización de la economía Ecuatoriana. *Publicación trimestral Revista Venezolana de Gerencia.*, 38-39.
- Cárdenas, L., John, D., Arboleda, S., Galarcio, C., Lotero, J., & Cuervo, F. (2015). Modelo de selección de portafolios óptimo de acciones mediante el análisis de Black-Litterman. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 111-130.
- Díaz, M. (1 de Julio de 2016). MODELOS DE GESTIÓN DE CARTERAS: COMPARACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORA. *MODELOS DE GESTIÓN DE CARTERAS: COMPARACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORA*. Madrid, Madrid, España: Comillas.
- Escobar, J. (2014). Metodología para la toma de decisiones de inversión en portafolio de acciones utilizando la técnica multicriterio AHP. *Contaduría y Administración*, 346-366.
- Fernandez, A., Aguilera, P., & Galarza, P. (2018). Análisis del comportamiento bursátil de la corporación favorita en el Ecuador. *Digital Publisher*, 8.
- Forgués, J., & Jiménez, E. (2012). Modelo de selección de cartera con Solver. *Modelling in science education and learning*, 57-63.
- García, F., González-Bueno, J., & Oliver, J. (2019). Medidas de riesgo en la selección de carteras. *Espacios*, 18-31.

- González, A., & Nieto, J. (2016). EL MERCADO DE VALORES COMO FUENTE DE FINANCIAMIENTO PARA LAS PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS ECUATORIANAS. *UISRAEL*, 35-55.
- Jaramillo, B., & Yumibanda, L. (2019). Desarrollo del mercado financiero en Ecuador: un análisis del comportamiento y determinantes del mercado de valores. *CUADERNOS LATINOAMERICANOS*, 71-96.
- Martínez, C., Restrepo, J., & Velásquez, J. (2004). Selección de portafolios usando simulación y optimización bajo incertidumbre. *Dyna*, 35-57.
- Mayorga, F. (12 de 2021). *Observatorio Económico*. Obtenido de Bolsa de Valores Web site: <https://obest.uta.edu.ec/wp-content/uploads/2021/12/Bolsa-de-valores-en-Ecuador.pdf>.
- Méndez, S. (28 de 07 de 2016). FCSHOPINA. *Mercado de valores ecuatoriano, sus limitantes de desarrollo en el 2015*. Guayaquil, Guayas, Ecuador: Espol.
- Miño, A. (1 de Octubre de 2018). *Análisis de las causas por las cuales Ecuador no forma parte del Mercado Integrado Latinoamericano (MILA), y sus consecuencias*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana Web site: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16306>
- Montenegro, E. (2018). Rendimiento y riesgo de portafolios de inversiones en el mercado de valores ecuatorianos. *UTC PROSPECTIVAS*, 43-55.
- Muñoz, R., María, O., & Manuel, M. (2011). *Investigación de Operaciones*. México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA.
- Ortiz, A., Lucero, L., & Martínez, M. (2019). Portafolios de inversión con medidas alternativas de riesgo: semivarianza y desviación media absoluta. *Panorama Económico*, 139-171.
- Quiñonez, C. (2018). Modelo de simulación de rendimiento en la compra y venta de acciones mediante la automatización de las operaciones en el mercado bursátil boliviano. *Perspectivas*, 9-32.

-
- Ramírez, A. (1996). Aplicación de algunos modelos matemáticos a la toma de decisiones. *Politica y Cultura*, 183-198.
- Tavra, P. (10 de mayo de 2022). El mercado de valores de Ecuador sigue en auge, incluye más que un prepandemia, pero aún lejos de top regional. *El Universo*.
- Toro, E., Molina, A., & Garcés, A. (2006). Pronóstico de bolsa de valores empleando técnicas inteligentes. *Tecnura*, 57-66. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=257021033007>
- Valencia, E. (2018). *Investigación Operativa*. Ambato: Megagraf.
- Vásquez, F., Muñoz, H., & Ortega, W. (2020). El mercado de capitales y su impacto en la economía ecuatoriana en el periodo 2001-2019. *Sinergia*, 128-136.
- Villalba, D. (1998). Un modelo de selección de cartera con escenarios y función de riesgo asimétrica. *Revista Española de Financiación y Contabilidad*, 613-637.
- Zavala, J., & Dalia, G. (2009). Selección de una Cartera de Inversión en la Bolsa Mexicana de Valores por Medio de un Método de Programación Lineal. *Programación Matemática y Software*, 22.

