

REICE  
Revista Electrónica de Investigación en Ciencias Económicas  
Abriendo Camino al Conocimiento  
Facultad de Ciencias Económicas, UNAN-Managua

Vol. 8, No. 16, Julio – Diciembre 2020

REICE ISSN: 2308-782X

REICE | 24

<http://revistacienciaseconomicas.unan.edu.ni/index.php/REICE>  
[revistacienciaseconomicas@gmail.com](mailto:revistacienciaseconomicas@gmail.com)

Aplicación de la Programación Lineal en la maximización del desempeño de los rendimientos de un portafolio compuesto por dos activos, utilizando Solver.

Application of Linear Programming in the maximization of the performance of the returns of a portfolio composed of two assets, using Solver.

Fecha recepción: julio 17 del 2020  
Fecha aceptación: agosto 27 del 2020

**Humberto Antonio Brenes González**

Departamento de Contaduría Pública y Finanzas  
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua

Correo: [hbrenes1988@gmail.com](mailto:hbrenes1988@gmail.com)

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5787-1526>

**[DOI 10.5377/reice.v8i16.10658](https://doi.org/10.5377/reice.v8i16.10658)**



Derechos de autor 2020 REICE: Revista Electrónica de Investigación en Ciencias Económicas. Esta obra está bajo licencia internacional [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/). Copyright (c) Revista Electrónica de Investigación en Ciencias Económicas de la Unan- Managua

## **Resumen.**

La programación matemática es una herramienta fundamental para resolver problemas de optimización, dentro de la cual, se encuentra la técnica de la programación lineal que se utiliza para modelar problemas lineales que den soluciones óptimas y eficientes. El objetivo del presente artículo fue maximizar el desempeño de los rendimientos de un portafolio compuesto por dos activos, mediante la técnica de la programación lineal y el uso de la herramienta de Solver, siendo los activos las acciones de Walmart, Inc. (WMT) y de Starbucks Corporation (SBUX). Para lograr el máximo desempeño de los rendimientos, se partió de un portafolio compuesto en partes iguales cuyo índice de desempeño fue de 0.2938 y un rendimiento mensual de 1.21%; luego, usando la herramienta de Solver, se determinaron las proporciones que se tienen que invertir para obtener el portafolio de máximo desempeño, en donde el 66% del capital debe ser invertido en las acciones de WMT y 34% en las acciones de SBUX, este último portafolio generó un rendimiento esperado de 1.26% mensual.

**Palabras claves:** Programación lineal, maximización, índice de desempeño, Solver.

## **Abstract**

Mathematical programming is a fundamental tool for solving optimization problems, within which is the linear programming technique that is used to model linear problems that provide optimal and efficient solutions. The objective of this article was to maximize the performance of the returns of a portfolio made up of two assets, through the linear programming technique and the use of the Solver tool, the assets being the shares of Walmart, Inc. (WMT) and from Starbucks Corporation (SBUX). To achieve the maximum performance of the returns, we started with a portfolio composed in equal parts whose performance index was 0.2938 and a monthly return of 1.21%; Then, using the Solver tool, the proportions that have to be invested to obtain the maximum performance portfolio were determined, where 66% of the capital must be invested in WMT shares and 34% in SBUX shares, this The last portfolio generated an expected return of 1.26% per month.

**Keywords:** Linear programming, maximization, performance index, Solver.

## **Introducción**

Uno de los principales problemas a los que se enfrentan los inversionistas en los distintos mercados financieros, es referente a la valoración del rendimiento que presentan los diversos activos financieros, centrando el análisis en la optimización de sus inversiones, en la maximización del desempeño de los retornos de las mismas.

Una de las técnicas proporcionadas por la programación matemática es la técnica denominada programación lineal, dicha técnica es utilizada en las diversas disciplinas de las ciencias, con el fin de optimizar los recursos.

Se puede decir que la programación matemática es el conjunto de teoremas, algoritmos, métodos y técnicas que se utilizan para dar solución a diversos problemas con la finalidad de conseguir una optimización económica.

Izar Landeta, (1996), define la programación lineal como una parte de la programación matemática que tal y como su nombre lo indica, maneja ecuaciones lineales, es decir, aquellas donde todas las variables que intervienen tienen como exponente la unidad en todos sus términos. pág. 46.

Huillier & Lieberman, (2010), afirman que la programación lineal utiliza un modelo matemático para describir el problema y que el adjetivo lineal significa que todas las funciones matemáticas del modelo deben ser funciones lineales, además, mencionan la palabra programación no hace referencia a términos computacionales, sino que en esencia es un sinónimo de planeación.

Render, Stair, Jr., & Hanna, (2012), establecen que la programación lineal es una técnica de modelado matemático ampliamente utilizada, que está diseñada para ayudar a los gerentes en la planeación y toma de decisiones respecto a la asignación de recursos. pág. 250.

La programación lineal se aplica a modelos de optimización en los que las funciones objetivos y restricción son estrictamente lineales. La técnica se aplica en una amplia variedad de casos, en los campos de agricultura, industria, transporte, economía, salud, ciencias sociales y de la conducta, y militar, asevera Taha, (2004).

Por su parte, Sánchez M., (2004), define la programación lineal como una herramienta común que ha ahorrado miles o millones de dólares a muchas compañías y negocios, incluyendo industrias medianas en distintos países del mundo y que el tipo más común de aplicación abarca el problema general de asignar recursos limitados entre actividades competitivas de la mejor manera posible (es decir, en forma óptima). Este problema de asignación puede surgir cuando deba elegirse el nivel de ciertas actividades que compiten por recursos escasos para realizarlas.

Por tanto, se puede decir que la programación lineal es una modelización matemática de funciones lineales que involucra la planeación de actividades para obtener un resultado óptimo del uso de los recursos que permite tomar decisiones de manera eficientes.

El objetivo del presente artículo es maximizar el desempeño de los rendimientos de un portafolio compuesto por dos activos, mediante la técnica de la programación lineal y el uso de la herramienta de Solver, para obtener las proporciones a invertir en cada uno de los activos para lograr el mayor desempeño del rendimiento posible.

Se utilizarán las acciones de las compañías de Walmart, Inc. (WMT) y Starbucks Corporation (SBUX), durante el período comprendido del 1 de abril de 2016 al 1 de marzo de 2020.

Walmart, Inc., se dedica a las operaciones minoristas y mayoristas en varios formatos en todo el mundo. Opera supermercados, hipermercados, clubes de almacenes, tiendas de efectivo y carry, tiendas de descuento, farmacias y tiendas de conveniencia, entre otros. Se fundó en 1945 y tiene su sede en Bentonville, Arkansas.

Starbucks Corporation, junto con sus subsidiarias, opera como tostadora, comercializadora y minorista de cafés especiales en todo el mundo. Sus tiendas ofrecen bebidas de café y té, granos enteros tostados y café molido, bebidas de una sola porción y listas para tomar, y té helado. Fue fundada en 1971 y tiene su sede en Seattle, Washington.

## **Material y Método**

Para maximizar el desempeño del rendimiento del portafolio compuestos por dos activos, las acciones de Walmart, Inc. (WMT) y Starbucks Corporation (SBUX), se procedió a descargar los precios de las acciones de ambas compañías en el período comprendido del 1 de abril de 2016 al 1 de marzo de 2020.

Una vez obtenidos los precios de las acciones de las compañías en estudio, se procedió a transformar dichos precios a rendimientos, utilizando la siguiente ecuación:

*Ecuación 1. Tasa de rendimiento total.*

$$k = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}}$$

Donde:

*k*: Representa el rendimiento del activo.

*P<sub>t</sub>*: Representa el precio del activo en el tiempo *t*.

*P<sub>t-1</sub>*: Representa el precio del activo en el tiempo *t* - 1.

Obtenidos los rendimientos de las acciones de ambas compañías, se calcularon los rendimientos esperados individuales durante el período observado mediante la ecuación que se presenta a continuación:

*Ecuación 2. Rendimiento esperado del activo.*

$$\bar{k}_j = \left( \sum_{j=1}^n k_j \right) \div (n)$$

Donde:

*k̄<sub>j</sub>*: Representa el rendimiento esperado del activo *j*.

*k<sub>j</sub>*: Representa el rendimiento observado del activo *j*.

$n$ : Representa el número de observaciones.

También, se calculó la desviación estándar de los rendimientos de las acciones de las compañías en estudio, mediante la siguiente expresión matemática:

Ecuación 3. Desviación estándar de los rendimientos.

$$\sigma_{k_j} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (k_j - \bar{k}_j)^2}{n - 1}}$$

Donde:

$\sigma_{k_j}$ : Representa la desviación estándar de los rendimientos del activo  $j$ .

$k_j$ : Representa el rendimiento observado del activo  $j$ .

$\bar{k}_j$ : Representa el rendimiento esperado del activo  $j$ .

$n$ : Representa el número de observaciones.

El rendimiento esperado del portafolio viene derivado por las proporciones a invertir en cada uno de los activos multiplicado por el rendimiento individual esperado de los activos, aplicando la siguiente ecuación:

Ecuación 4. Rendimiento esperado del portafolio.

$$k_p = \sum_{j=1}^n w_j \times \bar{k}_j$$

Donde:

$k_p$ : Representa el rendimiento del portafolio.

$w_j$ : Representa la proporción a invertir en el activo  $j$ .

$\bar{k}_j$ : Representa el rendimiento esperado del activo  $j$ .

Por supuesto,  $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ , lo cual significa que se debe de incluir en este cálculo el 100% de los activos del portafolio. (Gitman & Zutter, 2012, pág. 298).

La desviación estándar del portafolio compuestos por los dos activos viene determinada por la siguiente expresión matemática:

Ecuación 5. Riesgo del portafolio compuesto por dos activos.

$$\sigma_{k_p} = \sqrt{(w_1)^2 \times (\sigma_{k_1})^2 + (w_2)^2 \times (\sigma_{k_2})^2 + (2) \times (w_1) \times (w_2) \times (\rho_{1,2}) \times (\sigma_{k_1}) \times (\sigma_{k_2})}$$

Donde:

$\sigma_{k_p}$ : Representa la desviación estándar de los rendimientos del portafolio de 2 activos REICE | 30

$w_1$ : Representa la proporción a invertir en el activo 1.

$\sigma_{k_1}$ : Representa la desviación estándar de los rendimientos del activo 1.

$w_2$ : Representa la proporción a invertir en el activo 2.

$\sigma_{k_2}$ : Representa la desviación estándar de los rendimientos del activo 2.

$\rho_{1,2}$ : Representa la correlación que existe entre los activos 1 y 2.

Para aplicar la ecuación anterior, se necesita determinar el valor de la covarianza entre los rendimientos de los activos y luego obtener la correlación. A continuación, se muestran las ecuaciones tanto para la covarianza como para la correlación, respectivamente:

Ecuación 6. Covarianza de los rendimientos de dos activos.

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sum_{j=1}^n (k_{j_1} - \bar{k}_{j_1}) \times (k_{j_2} - \bar{k}_{j_2})}{n - 1}$$

Ecuación 7. Correlación de los rendimientos de los dos activos.

$$\rho_{1,2} = \frac{\sigma_{1,2}}{(\sigma_{k_1}) \times (\sigma_{k_2})}$$

Donde:

$\sigma_{1,2}$ : Representa la covarianza de los rendimientos de los activos 1 y 2.

$\rho_{1,2}$ : Represente la correlación entre los rendimientos de los activos 1 y 2.

El índice de desempeño, tanto para los activos individuales como para el portafolio compuestos por los dos activos, se determina mediante la expresión matemática que se presenta a continuación:

Ecuación 8. Índice de desempeño de los rendimientos.

$$ID = \frac{\bar{k}_j}{\sigma_{k_j}}$$

Donde:

$ID$ : Representa el índice de desempeño.

$\bar{k}_j$ : Representa el rendimiento esperado del activo o del portafolio  $j$ .

$\sigma_{k_j}$ : Representa la desviación estándar de los rendimientos del activo o del portafolio  $j$ .

Para maximizar el índice de desempeño de los rendimientos del portafolio compuesto por las acciones de Walmart, Inc. (WMT) y Starbucks Corporation (SBUX), se planteó un modelo matemático de programación lineal, quedando el mismo de la siguiente manera:

*Función objetivo: Maximizar*

$$Z = \left( w_1 \times \frac{\bar{k}_1}{\sigma_{k_1}} \right) + \left( w_2 \times \frac{\bar{k}_2}{\sigma_{k_2}} \right)$$

*Sujeto a las siguientes restricciones:*

$$w_1 + w_2 = 1$$

$$w_1, w_2 \geq 0$$

Para encontrar las proporciones que se deben de invertir en  $w_1$  y  $w_2$ , para maximizar el índice de desempeño compuestos por los activos de las acciones de Walmart, Inc. (WMT) y Starbucks Corporation (SBUX), se utilizó la herramienta de Solver.

## Resultados y Análisis

Con relación a los precios obtenidos en el período comprendido del 1 de abril de 2016 al 1 de marzo de 2020, el precio mínimo para las acciones de Walmart, Inc. (WMT) fue de \$60.00 mientras que para Starbucks Corporation (SBUX) fue de \$46.63, alcanzando un precio máximo de \$117.04 para WMT y \$94.22 en el caso de SBUX.

El precio promedio de las acciones tanto para Walmart, Inc. (WMT) como para Starbucks Corporation (SBUX) fue de \$85.58 y \$61.35, respectivamente, siendo los precios de la compañía WMT mayores que los de SBUX.



En lo que se refiere a los rendimientos de las acciones de las compañías en estudio, el rendimiento mínimo observado por la compañía WMT fue de -15.56% y un máximo de 11.74% y un rendimiento promedio de 1.38% mensual.

En el caso de la compañía SBUX, su rendimiento mínimo fue de -13.35%, un máximo de 14.50% y un rendimiento promedio de 1.03% mensual. Se puede apreciar que el rendimiento esperado de las acciones de WMT es mayor que las de SBUX.

En la tabla a continuación, se muestran los estadísticos de los rendimientos de las acciones de las compañías en estudio:

*Tabla 1. Estadísticos de los rendimientos de las acciones.*

<b>Estadísticos</b>	<b>Walmart, Inc. (WMT)</b>	<b>Starbucks Corporation (SBUX)</b>
<b>Mínimo</b>	-15.56%	-13.35%
<b>Máximo</b>	11.74%	14.50%
<b>Promedio</b>	1.38%	1.03%
<b>Varianza</b>	0.26%	0.31%
<b>Desviación estándar</b>	5.10%	5.58%
<b>Coficiente de variación</b>	3.6960	5.3999
<b>Índice de desempeño</b>	0.2706	0.1852

**Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla anterior, se puede apreciar que tanto la desviación estándar como el coeficiente de variación de la compañía SBUX (5.58% y 5.3999, respectivamente), son mayores a los de la compañía WMT (5.10% y 3.6960); lo cual, significa que los rendimientos de la compañía SBUX sean más riesgosos que los de WMT.

Si se tuviera que elegir en la inversión de un solo activo, se debería de elegir invertir en las acciones de la compañía de Walmart, Inc. (WMT), pues presentan un mayor rendimiento esperado y un menor nivel de riesgo. Además, el índice de desempeño de WMT (0.2706) es mayor que el de SBUX (0.1852). Sin embargo, el optar por invertir en un solo activo es también muy riesgoso, por lo cual, se debe de diversificar la inversión en la conformación de portafolios que incluyan más de un activo.

Al conformar un portafolios compuesto en partes iguales por las proporciones a invertir, tanto en las acciones de WMT como en las de SBUX, se obtienen los resultados que se muestran a continuación:

Tabla 2. Portafolio compuesto en partes iguales de los activos.

Estadísticos	Portafolio (50% en WMT y 50% en SBUX)
Rendimiento esperado	1.21%
Riesgo (Desviación estándar)	4.11%
Coefficiente de variación	3.4029
Índice de desempeño	0.2938

Fuente: Elaboración propia.

La tabla anterior muestra un rendimiento esperado del portafolio de 1.21% mensual con un nivel de riesgo del 4.11%, medido a través de la desviación estándar. Relacionado estos resultados con los resultados obtenidos por los activos individualmente, se puede apreciar que el portafolio 50-50 reduce la desviación estándar, es decir, que se logra reducir el riesgo.

El índice de desempeño que muestra el portafolio compuesto en partes iguales de las acciones de WMT y SBUX, es de 0.2938, siendo este un mayor que el que muestran por sí solas las compañías WMT (0.2706) y SBUX (0.1852).

Para optimizar el modelo planteado, donde la función objetivo es maximizar el índice de desempeño, se procedió a utilizar la herramienta de Solver, para ello se tomó como base el portafolio compuesto por partes iguales, en donde se inició construyendo la siguiente matriz:

Tabla 3. Matriz base para la utilización de Solver.

Compañía	Proporción	Rendimientos
Walmart, Inc. (WMT)	50%	1.38%
Starbucks Corporation (SBUX)	50%	1.03%
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>1.21%</b>

Fuente: Elaboración propia.

El resultado de la última celda de la matriz (1.21%), se obtiene en Excel con la fórmula de SUMAPRODUCTO(Proporción;Rendimientos). Una vez obtenido el rendimiento, se calcula el riesgo del portafolio mediante la siguiente expresión matemática:

$$\sigma_{k_p} = \sqrt{(w_1)^2 \times (\sigma_{k_1})^2 + (w_2)^2 \times (\sigma_{k_2})^2 + (2) \times (w_1) \times (w_2) \times (\rho_{1,2}) \times (\sigma_{k_1}) \times (\sigma_{k_2})}$$

Dando como resultado lo siguiente:

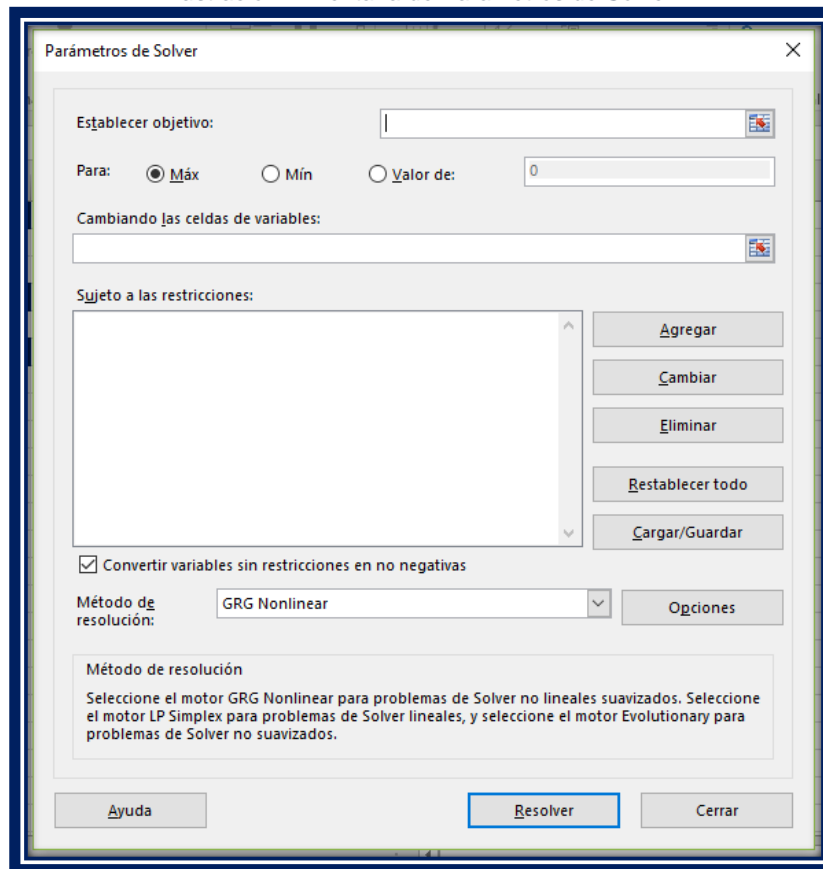
$$\sigma_{k_p} = \sqrt{(0.5)^2 \times (5.10)^2 + (0.5)^2 \times (5.58)^2 + (2) \times (0.5) \times (0.5) \times (0.18) \times (5.10) \times (5.58)}$$
$$\sigma_{k_p} = 4.11\%$$

Siendo el índice de desempeño de 0.2938.

Entonces, para maximizar el índice de desempeño, haciendo uso de Solver, seguimos la siguiente ruta en Excel:

Damos clic en la pestaña Datos, ubicada en la cinta de opciones; luego en la sección Análisis damos clic en Solver y aparece la ventana que se muestra a continuación:

Ilustración 1. Ventana de Parámetros de Solver.

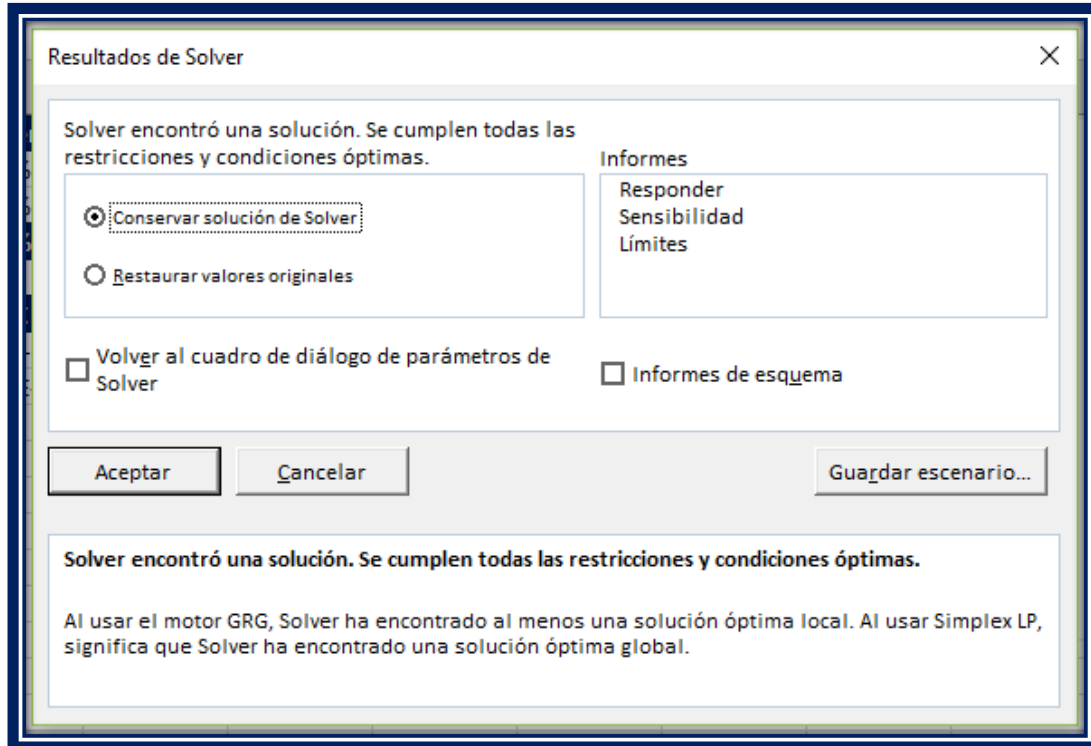


En establecer objetivo, seleccionamos la celda en donde se tiene el índice de desempeño, Para Max, es decir, maximizarlo; cambiando las celdas variables, y seleccionamos las celdas en donde se tienen las proporciones a invertir en cada uno de los activos.

Sujeto a las restricciones, en este caso le da clic en agregar y se definen las restricciones, que en este caso sería que el total de las proporciones debe ser igual a 1, es decir, ambas deben sumar el 100%.

Luego, se da clic en resolver y Solver manda la ventana que se muestra a continuación:

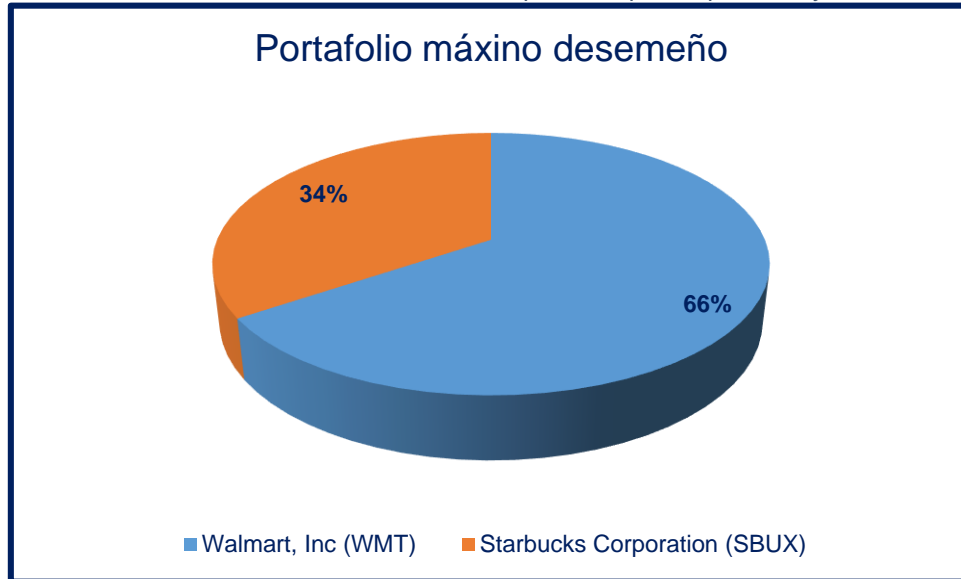
*Ilustración 2. Ventana de resultados de Solver.*



Dar clic Responder, para que Solver realice una hoja de informe y luego se da clic en Aceptar

Los resultados obtenidos mediante el uso de Solver, en la conformación de un portafolio de máximo desempeño compuesto por las acciones de Walmart, Inc. y de Starbucks Corporation indican que se debe de invertir las proporciones que se muestran en la siguiente gráfica:

Ilustración 3. Portafolio de Máximo desempeño compuesto por WMT y SBUX.



Fuente: Elaboración propia.

Se debe de invertir 66% en las acciones de WMT y 34% en las acciones de SBUX para maximizar el desempeño a 0.3040 y obtener un rendimiento esperado de 1.26% mensual, a un nivel de riesgo de 4.15%, medido por medio de la desviación estándar.

En la siguiente tabla, se pueden apreciar los resultados obtenidos de manera individual y con la conformación del portafolio de máximo desempeño:

Tabla 4. Comparación de los rendimientos y riesgos de activos y portafolios.

Estadísticos	WMT	SBUX	Portafolio (50%-50%)	Portafolio Máximo Desempeño (66%-34%)
Rendimiento esperado	1.38%	1.03%	1.21%	1.26%
Riesgo (Desviación estándar)	5.58%	5.58%	4.11%	4.15%
Coefficiente de variación	3.6960	5.3999	3.4029	3.2893
Índice de desempeño	0.2706	0.1852	0.2938	0.3040

Fuente: Elaboración propia.

Para obtener el máximo desempeño posible de los rendimientos, se debe de invertir un 66% del capital en las acciones de Walmart, Inc. y un 34% en las acciones de Starbucks.

## **Conclusiones**

La programación matemática es el conjunto de teoremas, algoritmos, métodos y técnicas las cuales se utilizan para modelar y dar solución a los distintos problemas con el fin de conseguir soluciones óptimas, es decir, soluciones que sean eficientes.

La programación lineal es una técnica de la programación matemática que se utiliza para modelar funciones lineales en la cual se involucra la planeación de actividades con la finalidad de alcanzar resultados óptimos en cuanto al uso de los recursos y que además facilita el proceso de decisiones.

La programación lineal, es una técnica que optimiza la asignación de recursos en los diversos campos de las ciencias, incluyendo el campo de las ciencias económicas en sus diversas áreas como lo son la economía, la administración y las finanzas.

Mediante el uso de Solver, que es una herramienta que trabaja bajo la programación lineal, se pudo asignar la proporción a invertir tanto en las acciones de Walmart, Inc. (WMT) como en las acciones de Starbucks Corporation (SBUX), para obtener un portafolio de máximo desempeño.

La proporción a invertir en el portafolio de máximo desempeño, estimado mediante el uso de Solver, se encuentra constituido por un 66% del capital en la inversión de las acciones de Walmart, Inc. (WMT) y un 34% de las acciones de Starbucks Corporation (SBUX), generando un rendimiento esperado de 1.26% mensual con un riesgo asociado de 4.15%, medido a través de la desviación estándar.

## **Referencias Bibliográficas**

Gitman, L. J., & Zutter, C. J. (2012). *Principios de Administración financiera* (Décimosegunda ed.). Naucalpan de Juárez, Estado de México, México: Pearson Educación de México, S.A. de C.V.

Huillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2010). *Introducción a la Investigación de Operaciones* (Novena ed.). México, D.F., México: Mc Graw-Hill/Interamericana Editores, S.A. De C.V.

Izar Landeta, J. M. (1996). *Fundamentos de Investigación de Operaciones para Administración*. San Luis Potosí, S.L.P., México: Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Render, B., Stair, Jr., R. M., & Hanna, M. E. (2012). *Métodos cuantitativos para los negocios* (Undécima ed.). Naucalpan de Juárez, Estado de México, México: Pearson Educación de México, S.A. de C.V.

Sánchez M., C. A. (2004). *Investigación de Operaciones I*. Obtenido de <http://ing.sanchez.tripod.com/documentos/folleto.pdf>

Taha, H. A. (2004). *Investigación de operaciones* (Séptima ed.). Naucalpan de Juárez, Estado de México, México: Pearson Educación de México, S.A. de C.V.

## Anexos

Fecha	Precio de cierre ajustados WMT	Precio de cierre ajustados SBUX	Rendimientos WMT	Rendimientos SBUX
1/4/2016	\$ 60.00	\$ 51.53		
1/5/2016	\$ 63.51	\$ 50.31	5.85%	-2.38%
1/6/2016	\$ 66.00	\$ 52.53	3.92%	4.43%
1/7/2016	\$ 65.95	\$ 53.39	-0.07%	1.63%
1/8/2016	\$ 64.57	\$ 51.71	-2.10%	-3.14%
1/9/2016	\$ 65.63	\$ 49.97	1.64%	-3.38%
1/10/2016	\$ 63.72	\$ 48.98	-2.91%	-1.98%
1/11/2016	\$ 64.09	\$ 53.50	0.59%	9.23%
1/12/2016	\$ 62.90	\$ 51.48	-1.86%	-3.78%
1/1/2017	\$ 61.17	\$ 51.20	-2.75%	-0.54%
1/2/2017	\$ 65.01	\$ 52.73	6.28%	2.99%
1/3/2017	\$ 66.06	\$ 54.38	1.62%	3.14%
1/4/2017	\$ 69.41	\$ 55.94	5.07%	2.86%
1/5/2017	\$ 72.57	\$ 59.24	4.55%	5.91%
1/6/2017	\$ 70.34	\$ 54.53	-3.07%	-7.95%
1/7/2017	\$ 74.35	\$ 50.48	5.70%	-7.43%
1/8/2017	\$ 72.56	\$ 51.30	-2.40%	1.63%
1/9/2017	\$ 73.08	\$ 50.46	0.72%	-1.65%
1/10/2017	\$ 81.66	\$ 51.52	11.74%	2.10%

*Aplicación de la Programación Lineal en la maximización del desempeño de los rendimientos de un portafolio compuesto por dos activos, utilizando Solver*

1/11/2017	\$	90.94	\$	54.32	11.36%	5.43%
1/12/2017	\$	92.36	\$	54.24	1.56%	-0.15%
1/1/2018	\$	100.75	\$	53.65	9.09%	-1.08%
1/2/2018	\$	85.07	\$	53.92	-15.56%	0.51%
1/3/2018	\$	84.09	\$	54.97	-1.16%	1.93%
1/4/2018	\$	84.11	\$	54.66	0.02%	-0.55%
1/5/2018	\$	78.48	\$	53.81	-6.69%	-1.56%
1/6/2018	\$	81.95	\$	46.63	4.42%	-13.35%
1/7/2018	\$	85.37	\$	50.00	4.18%	7.25%
1/8/2018	\$	91.72	\$	51.02	7.43%	2.02%
1/9/2018	\$	90.37	\$	54.63	-1.47%	7.08%
1/10/2018	\$	96.50	\$	56.00	6.78%	2.52%
1/11/2018	\$	93.97	\$	64.13	-2.62%	14.50%
1/12/2018	\$	89.64	\$	62.23	-4.61%	-2.96%
1/1/2019	\$	92.72	\$	65.84	3.44%	5.81%
1/2/2019	\$	95.78	\$	67.89	3.30%	3.11%
1/3/2019	\$	94.37	\$	72.21	-1.47%	6.36%
1/4/2019	\$	100.04	\$	75.45	6.01%	4.49%
1/5/2019	\$	98.68	\$	73.88	-1.36%	-2.09%
1/6/2019	\$	108.05	\$	81.80	9.50%	10.73%
1/7/2019	\$	107.95	\$	92.40	-0.10%	12.95%
1/8/2019	\$	111.74	\$	94.22	3.52%	1.97%
1/9/2019	\$	116.63	\$	86.61	4.38%	-8.08%
1/10/2019	\$	115.24	\$	82.83	-1.20%	-4.37%
1/11/2019	\$	117.04	\$	83.68	1.56%	1.03%
1/12/2019	\$	116.79	\$	86.55	-0.21%	3.43%
1/1/2020	\$	113.02	\$	83.51	-3.23%	-3.51%
1/2/2020	\$	106.30	\$	77.21	-5.95%	-7.54%

REICE | 39

Fuente: Elaboración propia, en base a las cotizaciones obtenidas